



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN APERO PARA
DESHERBAR LA TIERRA APROVECHANDO LA
ENERGÍA MECÁNICA DEL MOTOCULTOR YTO DE
15L.**

**JORGE LUIS GUEVARA LÓPEZ
WILMER VICENTE SUQUILLO RUIZ**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2018

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2017-06-9

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

JORGE LUIS GUEVARA LOPEZ

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN APERO PARA DESHERBAR LA
TIERRA APROVECHANDO LA ENERGÍA MECÁNICA DEL MOTOCULTOR
YTO DF 15L.”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño

DECANO FACULTAD DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas

DIRECTOR

Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso

ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2017-06-9

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

WILMER VICENTE SUQUILLO RUIZ

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN APERO PARA DESHERBAR LA
TIERRA APROVECHANDO LA ENERGÍA MECÁNICA DEL MOTOCULTOR
YTO DF 15L.”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño

DECANO FACULTAD DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas

DIRECTOR

Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso

ASESOR

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JORGE LUIS GUEVARA LOPEZ

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN APERO PARA DESHERBAR LA TIERRA APROVECHANDO LA ENERGÍA MECÁNICA DEL MOTOCULTOR YTO DF 15L.”

Fecha de Examinación: 2018-01-30

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas DIRECTOR			
Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza

PRESIDENTE TRIB.

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: SUQUILLO RUIZ WILMER VICENTE

TRABAJO DE TITULACIÓN: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN APERO PARA DESHERBAR LA TIERRA APROVECHANDO LA ENERGÍA MECÁNICA DEL MOTOCULTOR YTO DF 15L.”**

Fecha de Examinación: 2018-01-30

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas DIRECTOR			
Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza

PRESIDENTE TRIB.

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Jorge Luis Guevara López

Wilmer Vicente Suquillo Ruiz

DEDICATORIA

Con bendición de dios y todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento para mis padres María Genoveva y Pablo Rogelio.

Gracias a esas personas importantes en mi vida, que estuvieron siempre para brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado. Con todo mi cariño se la dedico a usted:

Querida y amada hija Sofía

Jorge Luis Guevara López

El presente trabajo de titulación dedico a mis padres Vicente Suquillo y Elvia Ruiz, a mis hermanos quienes fueron el pilar fundamental de mi carrera y de manera muy especial a mi querida madre que estuvo junto a mí en todo momento apoyándome para seguir adelante y no desmayar jamás en mis metas, sé que desde el cielo me estará bendiciendo.

Wilmer Vicente Suquillo Ruiz

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la salud que tengo, por tener una cabeza con la que puedo pensar muy bien, además un cuerpo sano y una mente de bien. Estoy seguro que mis metas planteadas darán fruto por lo que me seguiré esforzando cada día para ser mejor, sin olvidar el respeto y la humildad que engrandece a la persona.

Quiero agradecer a La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a mi querida escuela de ingeniería AUTOMOTRIZ y a mis maestros que día a día enriquecieron y fortalecieron mis conocimientos en especial a mi director que con su amistad y experiencia me supieron guiar de la mejor manera.

Agradezco con el corazón a toda mi familia, mis hermanos, a mi abuelita que dios la tenga en su gloria , a mi querida esposa y amigos y en especial aquellas personas que estuvieron conmigo en todo momento, a pesar de las dificultades, dándome una palabra de aliento, en los momentos difíciles, gracias a ustedes he cumplido mi objetivo.

Jorge Luis Guevara López

Agradezco de manera muy especial a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarme la oportunidad de formarme en el aspecto académico y personal con valores y ética.

En especial a mi familia que siempre creyó en mí, estuvieron apoyándome de una u otra manera para culminar con éxito una etapa más de mi vida.

Wilmer Vicente Suquillo Ruiz

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Antecedentes	1
1.2.	Justificación	2
1.3.	Objetivos.....	3
1.3.1.	<i>Objetivo general.....</i>	3
1.3.2.	<i>Objetivos específicos.....</i>	3
2.	MARCO TEÓRICO	4
2.1.	Motocultor.....	4
2.1.1.	<i>Tipología (Mapama, 2015).....</i>	5
2.1.2.	<i>Mecanismos de los motocultores. (Ecured, 2015).....</i>	5
2.2.	Desherbar. (Groult, 2015)	6
2.2.1.	<i>Riesgos de la proliferación de la maleza. (Groult, 2015)</i>	6
2.3.	Cultivadores: Desherbadora. (Jesus, 2015).....	7
2.3.1.	<i>Funciones del cultivador. (Jesus, 2015).....</i>	7
2.3.2.	<i>Tipos de desherbadores.</i>	7
2.3.2.1.	<i>Desherbadores primavera.....</i>	7
2.3.2.2.	<i>Desherbadores Rod.....</i>	7
2.3.3.	<i>Ventajas de los desherbadores o cultivadores. (Jesus, 2015)</i>	8
2.3.4.	<i>Mantenimiento de los desherbadores.....</i>	8
2.4.	Laboreo con discos. (Esteban, 2014)	9
2.4.1.	<i>Características de trabajo en discos para gradas agrícolas. (Esteban, 2014).....</i>	9
2.4.2.	<i>Dimensiones de los discos para gradas agrícolas.</i>	10
2.4.3.	<i>Ventajas y desventajas del laboreo con discos agrícolas (Esteban, 2014).....</i>	11
2.5.	Rastra de disco. (Esteban, 2014).....	12
2.5.1.	<i>Tipos de las rastras de discos (Esteban, 2014)</i>	12
2.5.1.1.	<i>Enganche al tractor.</i>	12
2.5.1.2.	<i>Disposición de cuerpos.</i>	13

2.5.1.3.	<i>Despiece y partes de las rastras de discos. (Esteban, 2014).....</i>	13
2.5.1.4.	<i>Profundidad de trabajo (Esteban, 2014).....</i>	14
2.5.1.5.	<i>Consejos de mantenimiento (Esteban, 2014)</i>	14
2.6.	Tribología.....	15
2.6.1.	<i>Aplicaciones. (Rodríguez, 2014).....</i>	15
2.7.	Fricción	16
2.7.1.	<i>Tipos de rozamiento.</i>	17
2.7.1.1.	<i>Fuerza de rozamiento estática. (Rodríguez, 2014).....</i>	17
2.7.1.2.	<i>Fuerza de rozamiento cinético. (Rodríguez, 2014).....</i>	18
2.7.1.3.	<i>Rozamiento entre superficies de sólidos.</i>	19
2.7.2.	<i>Desgaste. (Rodríguez, 2014).....</i>	20
2.7.2.1.	<i>Desgaste adhesivo.</i>	20
2.7.2.2.	<i>Desgaste por abrasión.</i>	21
2.7.2.3.	<i>Desgaste por ludimiento.</i>	21
2.7.2.4.	<i>Desgaste por fatiga superficial.</i>	22
2.7.2.5.	<i>Desgaste erosivo.</i>	22
2.7.2.6.	<i>Desgaste corrosivo.....</i>	22
2.8.	Energía consumida al labrar. (Cañavate, 2012)	23
2.8.1.	<i>Rendimiento teórico (St)</i>	24
2.8.2.	<i>Capacidad de trabajo efectiva (Se).</i>	25
2.9.	El suelo.....	25
2.9.1.	<i>Principales tipos de suelos. (Analuiza, y otros, 2016).....</i>	25
3.	DISEÑO Y SELECCIÓN	27
3.1.	Descripción del equipo.....	27
3.2.	Diseño del apero de labranza (Desherbadora).....	28
3.2.1.	<i>Calculo de las capacidades y tiempos de labranza con una distancia entre discos de 40cm.</i>	28
3.2.1.1.	<i>Capacidad de trabajo teórico (St).....</i>	28
3.2.1.2.	<i>Tiempo eficaz (TE)</i>	28
3.2.1.3.	<i>Capacidad de trabajo efectiva (Se).</i>	29
3.2.1.4.	<i>Tiempo efectivo (te).</i>	29

3.2.2.	<i>Calculo de las capacidades y tiempos de labranza con una distancia entre discos de 90cm.</i>	30
3.2.2.1.	<i>Capacidad de trabajo teórico (St).</i>	30
3.2.2.2.	<i>Tiempo eficaz (TE).</i>	30
3.2.2.3.	<i>Capacidad de trabajo efectiva (Se).</i>	30
3.2.2.4.	<i>Tiempo efectivo (te).</i>	30
3.2.3.	<i>Calculo de la resistencia de distintos suelos.</i>	31
3.2.4.	<i>Calculo de la fuerza de tracción de los distintos suelos.</i>	33
4.	DISEÑO DE LA MÁQUINA DESHERBADORA	35
4.1.	Modelado en el software SolidWorks.	35
4.2.	<i>Información general de la máquina desherbadora.</i>	35
4.3.	<i>Proceso general del modelado de la maquina desherbadora.</i>	36
4.3.1.	<i>Materiales utilizados para la construcción de la deshierbadora.</i>	38
4.4.	Análisis estructural mediante el software ANSYS	39
	Generación de malla.	40
5.	CONSTRUCCIÓN	44
5.1.	Generalidades.	44
5.2.	Construcción del apero para desherbar	44
5.2.1.	<i>Tubo guía</i>	44
5.2.2.	<i>Brazo de soporte.</i>	44
5.2.3.	<i>Base de arrastre</i>	45
5.2.4.	<i>Corte de las placas que constituyen el apero.</i>	45
5.2.4.1.	<i>Placa superior e inferior del brazo.</i>	45
5.2.4.2.	<i>Placa rectangular superior.</i>	46
5.2.4.3.	<i>Placa triangular superior.</i>	46
5.2.4.4.	<i>Placa base de arrastre.</i>	47
5.2.5.	<i>Cilindro roscado.</i>	47
5.2.6.	<i>Discos.</i>	48
5.2.7.	<i>Brazo de soporte de disco.</i>	49
5.2.8.	<i>Acople del motocultor.</i>	49

5.3.	Montaje y pintado final del apero para desherbar.....	50
5.4.	Manual de operación.....	50
5.4.1.	<i>Limpieza</i>	50
5.4.2.	<i>Manual de Mantenimiento</i>	50
5.4.3.	<i>Mantenimiento del sistema Mecánico.</i>	51
5.4.4.	<i>Mantenimiento para los acoples.</i>	51
5.4.6.	<i>Uso de equipo de protección personal</i>	51
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	53
6.1.	Conclusiones.....	53
6.2.	Recomendaciones.....	54

Bibliografía

Anexos

Planos

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Dimensiones de disco para gradas	10
Tabla 2. Dimensiones de disco troncocónicos.	11
Tabla 3. Dimensiones discos platillo con resalte grada rápida.	11
Tabla 4. Coeficiente de rozamiento de algunas sustancias.	19
Tabla 5. Valores medios de la resistencia específica para distintos suelos.	24
Tabla 6. Información general.	35
Tabla 7. Propiedades del acero ASTM A36.	36
Tabla 8. Elementos que conforman el apero para desherbar.	38
Tabla 9. Manual de operación.....	50

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Motocultor.	4
Figura 2. Tipos de discos de grada.	9
Figura 3. Creación de la fuerza de fricción F_e	17
Figura 4. Fuerza de fricción máxima.	18
Figura 5. Fuerza de rozamiento cinético F_k	18
Figura 6. Desgaste adhesivo entre dos piezas en movimiento.	21
Figura 7. Desgaste abrasivo debido a la presencia de partículas duras.	21
Figura 8. Desgaste erosivo debido a la acción de un fluido con partículas abrasivas en suspensión	22
Figura 9. Tipos de suelo.	26
Figura 10. Modelado del disco para desherbar	37
Figura 11. Explotado del brazo de soporte del disco	37
Figura 12. Modelado final de la máquina deshierbadora.	38
Figura 13. Control de malla en unión de componentes.	40
Figura 14. Criterios de aceptabilidad de la calidad de malla	41
Figura 15. Calidad de malla de impacto posterior (Aceptable - Inaceptable).	41
Figura 16. Desplazamiento axial eje (X)	42
Figura 17. Desplazamiento en el eje (Y).	42
Figura 18. Desplazamiento Axial en el eje (Y).	43
Figura 14. Tubo guía.	44
Figura 15. Brazo de soporte	45
Figura 16. Base de arrastre.	45
Figura 17. Placa superior e inferior.	46
Figura 18. Placa rectangular superior	46
Figura 19. Conjunto de placas triangular y rectangular	47
Figura 20. Conjunto de placa base, tubo guía y base de arrastre.	47
Figura 21. Conjunto de placas base, rectangular, cilindro de roscado y base de arrastre.	48
Figura 22. Discos para desherbar.	48
Figura 23. Conjunto brazo soporte del disco y disco de labranza.	49
Figura 24. Acople al motocultor.	49
Figura 25. Equipo de protección personal	52

SIMBOLOGÍA

F	Fuerza	N
A	Distancia	m
V	Velocidad	m/s
St	Capacidad de trabajo teórico	ha/h
Te	Tiempo eficaz	h/ha
Se	Capacidad de trabajo	ha/h
Te	Tiempo	h/ha
P	Altura	cm
U	Resistencia	n/cm ²

LISTA DE ABREVIACIONES

CAD	Diseño asistido por computadora
CAM	Manufactura asistido por computadora
CAE	Ingeniería asistida por computadora
ASTM	Sociedad americana de pruebas y materiales
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
Cv	Caballos de Vapor

RESUMEN

Mediante el presente trabajo se desarrolló el diseño y la construcción de un apero para deshierbar la tierra con la finalidad de generar una ayuda al agricultor en sus actividades diarias permitiéndole una mejor limpieza de malezas entre sus cultivos. Se inició con la revisión de especificaciones y detalles técnicos que debe cumplir el apero al momento de su empleo. Luego de haber determinado el diseño del apero se continuo a modelarlo mediante la ayuda de un software CAD especializado, para posteriormente establecer el material a emplear en el apero el cual es un acero ASTM A36, una vez fijados tanto el modelado, el tipo de material y las cargas presentes en el diseño, se procedió a simular mediante el software ANSYS y la aplicación de elementos finitos, para comprobar que el apero resistirá todas las fuerzas y demás cargas presentes en la simulación. Una vez superada la fase de simulación de esfuerzos y deformaciones, se realizaron cálculos para determinar el adecuado desempeño del apero en instancias laborales. Con la investigación realizada se comprueba que el uso adecuado de un elemento agrícola como lo es el apero para deshierbar nos ayuda en el control de malezas ahorrando tiempo hombre y agilizando los procesos de deshierbar. Por lo tanto, en nuestro estudio se comprueba que con un correcto diseño del apero para deshierbar y sujeto a detalles y especificaciones técnicas, se obtiene un trabajo garantizado que incurre en reducción de tiempos de labor y gasto económico además de la eliminación de re trabajos.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA>, <MOTOCULTOR>, <APERO DE LABRANZA>, <BARRA DE TIRO>, <SOLIDWORKS (SOFTWARE)>, <ANSYS (SOFTWARE)>, <MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS>, <TECNOLOGÍA DEL DISEÑO>.

ABSTRACT

On This research work, an implement was built and designed to weed the soil in order to facilitate the daily farmer's activities and get rid of the undergrowth found in the crops. The first step was the revision of specifications and technical details that the implement has to have to work accurately. After designing the implement, it was modeled by using specialized CAD software, then the material used, in this case was ASTM A36 steel. Once all the components were fit, the simulation was done by means of ANSYS software and the application of finite elements in order to test if the implement will resist the pressure and cargo used in the simulation. After overcoming the suitable performance of the implement at daily work. This investigation proves that the adequate use of an agricultural element as it is the implement to weed the soil helps to control the undesired undergrowth and save time when weeding. Finally, with the right design and technical control of an implement to weed, the final work is guaranteed and also it reduces time and lowers the expenses.

KEYWORDS: <ENGINEERING SCIENCES AND TECHNOLOGY>, <WALKING TRACTOR>, <TILLAGE IMPLEMENT>, <TUGGING BAR>, <SOLID WORKS (SOFTWARE)>, <ANSYS (SOFTWARE)>, <TOOLS AND MACHINERY>, <TECHNOLOGY OF DESIGN>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La tasa de crecimiento de la producción agrícola mundial en los últimos años ha disminuido. Por esta razón existen temores de no poder incrementar la producción alimenticia necesaria para la población a futuro. (Fao, 2015).

La agricultura es la actividad más eficaz para disminución de los índices de pobreza en el mundo, esperando conseguir una mejora en el estilo de vida y producir alimentación a la población que al paso del tiempo seguirá incrementando. El sector agrícola ha ido creciendo, llegando a representar entre dos o cuatro veces más su efectividad con relación a otros sectores logrando incrementar la economía de la gente.

Lastimosamente el crecimiento económico se ve afectado por los cambios climatológicos, un 25% de disminución en el rendimiento de los cultivos puede ser causado por un clima cada vez cálido, el uso del suelo y las actividades agrícolas so causantes de las emisiones de gases efecto invernaderos a nivel mundial. (Hussain, 2016).

La agricultura en el Ecuador a lo largo de la historia ecuatoriana ha significado la actividad de mayor importancia en la economía nacional, ya que representa una de las mayores fuentes de trabajo y de sustento alimenticio para la población, además de un aporte interno en la economía al comercializar internamente, logra exportar distintos productos agrícolas. (Larrea Serrano, 2016).

En el Ecuador se cuenta con alrededor de 2.607.960 hectáreas cultivables de las cuales 1.235.583 son aprovechadas para la producción diversa agrícola.

La provincia de Chimborazo según el censo en el 2015 contaba con una población de 501.584 habitantes, su extensión está dividida en 10 cantones y 45 parroquias rurales. Su superficie es de 468.979.92 hectáreas, 15% páramos, 0.98 cultivos permanentes y el 5% cultivos transitorios o de ciclo corto, el 8% pastos cultivados y el 11% pastos naturales, los productos más importantes de esta provincia son papa, quinua, haba, cebada, tomate, riñón, concentrada más en la cebolla blanca y la cebolla colorada. (Cevallos y otros 2015)

1.2. Justificación

Los agricultores se enfrentan día a día a diferentes situaciones o fenómenos que pueden llegar a presentarse en sus labores diarias en el campo agrícola, necesitando así desempeñar un trabajo con mayor rapidez y eficacia que facilite al agricultor el proceso de sembrado.

Para que el agricultor tenga una gran facilidad en la manipulación de sus terrenos se ve en la necesidad del uso de motocultores que permitan trabajar en las tierras a pesar de su localización por su fácil manejo y manipulación. Para que el agricultor pueda realizar las diferentes actividades en el campo debe incorporar una herramienta que se adapte al motocultor, esta herramienta se denomina apero y será el encargado de trabajar la tierra dependiendo el tipo de apero que se implemente en el motocultor.

El agricultor debe batallar con plagas que pueden afectar a sus cultivos y ocasionar pérdidas en estos, una de estas batallas que debe librar el agricultor es la mala hierba que crece en las tierras agrícolas, por esta razón se ve la necesidad de construir un apero que permita retirar esta hierba innecesaria en los cultivos de una forma rápida y motorizada para una mayor facilidad para el agricultor.

El apero desyerbador estará acoplado a un motocultor y cuando pase por los sembríos tendrá la posibilidad de remover la tierra para que la hierba que no sea beneficiosa para el cultivo sea retirada y la tierra aporte mayores minerales al sembrío del agricultor ecuatoriano.

En Chimborazo actualmente se cuenta con 150 motocultores YTO que fueron proporcionados por el MAGAP, sin embargo, solo un 15% a 20% de estas máquinas se encuentran en uso, ocasionando pérdidas por corrosión en las, maquinarias que se encuentran en desuso. (Analuiza Hidalgo y otros 2017).

Con el uso de motocultores se busca facilitar al agricultor su trabajo para evitar lesiones laborales con el esfuerzo físico que puede llegar a producirse en el desempeño de su labor y además reducir costes que puedan generarse por la contratación de varios trabajadores para optimizar el tiempo de trabajo.

Haciendo un análisis relativo de lo indispensable que sería la deshierba dora y cuan ahorrrativa seria para los agricultores haciendo un análisis comparativo con ejemplo con l

siembra de 5 hectáreas con la deshierbadora en personal se utilizaría \$20.00 transporte \$20.00 comida \$10.00 teniendo un total de \$70.00 mientras que sin la deshierbadora en personal se utilizaría \$375.00 transporte \$10.00 comida\$ 125.00 un total de \$ 510. 00 los mismo que servirían para otras actividades.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general

Diseñar y Construir un apero que permita desherbar la tierra aprovechando la energía mecánica del motocultor YTO DF 15L.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Revisar el funcionamiento de un motocultor mediante la revisión de libros y manuales para conocer la forma de operar del mismo.
- Diseñar un apero desyerbador aplicando un software CAD-CAE para digitalizar el bosquejo de esta herramienta.
- Analizar los esfuerzos y deformaciones a los que sería sometido el apero desyerbador aplicando métodos de elementos finitos para asegurar su funcionamiento y generar un factor de seguridad.
- Construir un apero deshierbador usando materiales específicos para aumentar la funcionalidad del motocultor con el apero.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Motocultor.

El motocultor se puede considerar como un tractor de un solo eje, que se conduce a pie mediante unos brazos de se denominan manceras, al que se le pueden acoplar implementos agrícolas diferentes, al igual que se hace en los tractores. (Mapama, 2015)

La función principal es el trabajo del suelo, por lo que su diseño viene condicionado para conseguir las mejores prestaciones en esta operación, habitualmente realizada mediante azadas rotativas integradas en el apero conocido como “rotocultor”. (Mapama, 2015)

Está dotado básicamente de las manceras, un motor, un eje motriz, toma de fuerza y un apero para desarrollar la labor deseada. Su potencia no suele superar los 19 CV. (Issl, 2009)

Debido a su tamaño y versatilidad es una máquina utilizada para explotaciones hortofrutícolas y vitivinícolas de pequeño tamaño y tiene una fuerte implantación en las huertas, realizando distintas tareas como arar, roturar, aporcar, arrancar malas hierbas, etc. (Issl, 2009)

El manejo del motocultor es sencillo, situándose el trabajador detrás del apero que acople al motocultor sujeta las manceras y, una vez puesta en marcha la máquina, avanza hacia delante realizando la labor agrícola deseada. (Issl, 2009)

Figura 1. Motocultor.



Fuente. (Issl, 2009)

La puesta en marcha del motocultor puede ser de distintas formas dependiendo del modelo y su antigüedad. En los más modernos la puesta en marcha se lleva a cabo actuando sobre un pulsador. En otros modelos más antiguos el accionamiento se produce por un pedal, una manivela o mediante una cuerda enrollada. (Issl, 2009)

2.1.1. Tipología (Mapama, 2015)

La práctica totalidad de los motocultores utilizan motores monocilíndricos refrigerados por aire. Lo más frecuente es que monten motores diésel de cuatro tiempos, con potencias entre 10 y 20 CV y una cilindrada entre 250 y algo más de 500 cm³, con un régimen de funcionamiento máximo entre 3000 y 3800 rev/min. En los de menos de 10 CV también se utilizan motores de gasolina.

El motor, con el cilindro vertical, se sitúa por delante del eje de las ruedas, con lo que el motocultor queda equilibrado longitudinalmente, al incorporar la herramienta en la parte trasera (generalmente el rotocultor). La transmisión, unida al volante del motor, incluye una caja de cambio, que normalmente dispone de tres a cinco relaciones hacia delante y de una a tres hacia atrás.

El bloque central incluye la caja de cambios, la transmisión a las ruedas, generalmente con diferencial y dispositivo de bloqueo, y los frenos en los semiejes. Además, dispone de un conjunto de engranajes para la toma de fuerza, condicionada por el régimen del motor, para accionar aperos (con una o dos relaciones entre 500 y 1300 rev/min para el régimen nominal del motor), o sincronizada con el avance para todas las relaciones del cambio de marchas.

2.1.2. Mecanismos de los motocultores. (Ecured, 2015)

- **Bastidor.** Es la estructura metálica que sostiene el motor y demás mecanismos.
- **Motor.** Por lo regular es un pequeño motor diésel de cuatro tiempos con enfriamiento por aire. El arranque es manual por manivela, aunque algunos modelos disponen de motor de arranque. El motor está protegido por una cubierta, fabricada de láminas de metal.
- **Embrague, caja de velocidades y toma de fuerza.** El embrague acciona y desconecta la transmisión de la potencia del motor hacia la caja de velocidades. Posee

una toma de fuerza para el accionamiento de las máquinas, aunque en algunos modelos la transmisión es por cadenas o correas.

- **Manceras.** Tiene dos manceras con sus empuñaduras, de forma similar a un arado, que sirven para variar la dirección de desplazamiento. En las manceras están colocados todas las palancas y demás dispositivos de control de funcionamiento del motor y de los implementos y máquinas agregados.
- **Rodaje.** Las dos ruedas son neumáticos de rayado agrícola, con trocha regulable. Existe la posibilidad de cambiar los neumáticos por ruedas fangueadoras para el trabajo de preparación de suelo en terrazas arroceras.

2.2. Desherbar. (Groult, 2015)

Limitar o eliminar las malas hierbas es una necesidad no solamente estética, sino necesaria para la buena salud de los cultivos.

Las malas hierbas proliferan a menudo a partir de semillas, echando raíces donde éstas germinan. Éstas están perfectamente adaptadas a las condiciones del jardín (si no, no saldrían espontáneamente). Cuando una mala hierba se implanta al lado de una cultivada, en casi todos los casos estará mejor dotada que la segunda para explotar las riquezas de la tierra.

Las malezas suponen una competición con las plantas cultivadas. Las raíces de las malas hierbas "roban" los elementos minerales del suelo a la planta cultivada. Como la mala hierba está mejor alimentada se desarrollará mejor, y robará la luz a la planta cultivada, que se ve doblemente desfavorecida. Si el jardinero no interviene la ley de la naturaleza se aplicará. Es, por tanto, necesario el desherbado, al menos hasta que la planta cultivada sea lo suficientemente fuerte para superar la competencia de las malas hierbas.

2.2.1. Riesgos de la proliferación de la maleza. (Groult, 2015)

El otro inconveniente de las malezas proviene de la sensibilidad de algunas de ellas a las enfermedades, que pueden transmitir a las plantas cultivadas. Bajo abrigo (invernadero, túnel, etc.). A menudo la maleza escondida en una maceta sirve de refugio invernal a los pulgones, echándose sobre las plantas tiernas en la primera ocasión. En el jardín es lo mismo. Un huerto rodeado de malas hierbas (aunque la parte cultivada esté mantenida de forma muy limpia) podrá estar sujeto a algunas enfermedades.

Desherbar no es solamente una historia cultural del bien y del mal, es también una forma de garantizar un buen desarrollo de las plantas cultivadas.

2.3. Cultivadores: Desherbadora. (Jesus, 2015)

El cultivador es uno de los implementos más usados en la agricultura. Fue una de las primeras herramientas que el hombre empleo para controlar la maleza del terreno.

Antiguamente eran muy usados los azadones para eliminar las malas hierbas y des compactar la capa superficial de tierra. Hoy por hoy es arrastrado por un tractor de mayor o menor potencia y no hace tantos años por animales que el hombre ha domesticado para el tiro de implementos.

2.3.1. Funciones del cultivador. (Jesus, 2015)

Siendo un implemento agrícola sencillo de construcción, este realiza múltiples tareas en el suelo de cultivo entre las más importantes tenemos las siguientes:

- Des compactar el suelo.
- Controlar la vegetación no deseada.
- Esponjar y airear el suelo.
- Rotura de terrenos.
- Preparación de la cama de siembra.

2.3.2. Tipos de desherbadores.

2.3.2.1. Desherbadores primavera.

Tienen dientes primavera luz que sacuda las malas hierbas de raíces superficiales sin dañar las plantas en crecimiento y por lo tanto se puede operar directamente sobre hileras plantadas en una etapa temprana, librar el terreno a medida que surgen. (Jesus, 2015)

2.3.2.2. Desherbadores Rod.

Se utilizan para el control de maleza en campos sin plantar al aire libre; su elemento de trabajo es una varilla de sección cuadrada que gira en unos pocos centímetros por debajo de la superficie del suelo. (Jesus, 2015)

2.3.3. *Ventajas de los desherbadores o cultivadores.* (Jesus, 2015)

- **Mejora hídrica.** Permite la buena filtración del agua, conservando la humedad en el terreno y también se consigue una buena aireación del suelo.
- **Elimina el estrato compactado.** También denominado pie de arado esto es provocado por los arados de vertedera trabajando siempre a una misma profundidad con una humedad del suelo inapropiada.
- **Minimiza la erosión.** Al hacer una labor vertical apenas desplaza los residuos de la cosecha anterior, de esta manera se consigue que el viento y el agua erosione mucho menos el terreno.
- **Poca maleza.** Este sistema al no invertir el suelo ayuda a no poner las semillas de la maleza en posición de germinar.
- **No altera los niveles.** Al no mover los estratos del suelo como lo hacen las vertederas ayuda a la mantención del nivel del suelo.
- **Mejora la estructura del suelo.** Al ser un arado que hace su labor de forma vertical, no remueve los estratos del suelo, consiguiendo una mejor estructura en lo que refiere a físicas químicas y biológicas.

2.3.4. *Mantenimiento de los desherbadores.*

- Limpieza del implemento, evitaremos la corrosión en exceso y podremos ver el estado del mismo con más facilidad.
- Revisión de pérdidas de tornillo y tuercas, reposición de los mismos y reapreté de los demás.
- Cambiar las partes muy gastadas.
- Revisión de fisuras o roturas en los elementos del apero o el enganche del motocultor.
- Reparación de deformaciones del implemento.
- Lijar y pintar cuando fuere necesario todo el implemento.
- Engrase generoso de las partes mecánicas.
- Resguardar bajo techo para evitar las inclemencias climatológicas. (Jesus, 2015)

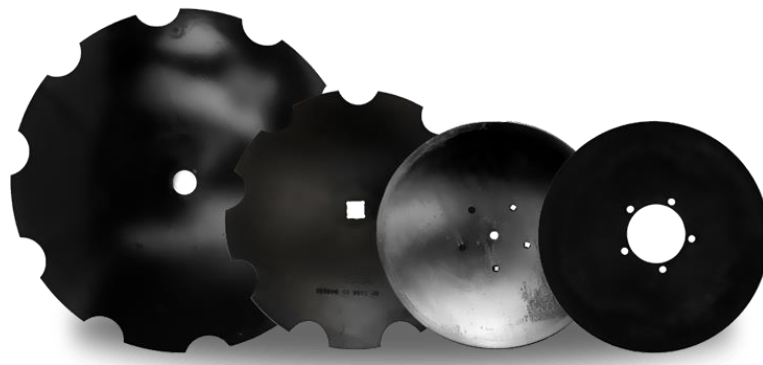
2.4. Laboreo con discos. (Esteban, 2014)

La característica más común de estos discos para gradas agrícolas, es que habitualmente están montados en bloque sobre un eje girando todos a la vez en el mismo sentido.

Los bloques son orientados con ángulo con respecto al sentido de la marcha del tractor.

Consiguiendo hacer girar los discos para mezclar las capas del suelo según la profundidad que se les ha dado. Esto es determinado por el peso, dimensiones de los discos, separación entre ellos y ángulo de corte respecto al sentido de marcha del tractor.

Figura 2. Tipos de discos de grada.



Fuente. (Esteban, 2014)

2.4.1. Características de trabajo en discos para gradas agrícolas. (Esteban, 2014)

Estas son las características que definen la forma de trabajo de un disco agrícola:

Una de las diferencias más pronunciadas entre los discos para gradas agrícolas y los discos para arados de este tipo, residen básicamente en la concavidad o flecha de los discos. La concavidad de los discos de gradas es menor, dado que no necesitan trabajar a profundidad menor para mezclar los restos vegetales con la tierra.

El tamaño y el peso de los discos son factores determinantes, con discos pequeños y con menor carga sobre la superficie de trabajo, se consiguen tareas de laboreo secundario como es el caso de las gradas de discos. Sin embargo, en el caso contrario con discos de más diámetro y mayor peso, se consiguen tareas de laboreo primario como es el caso de los arados de discos.

El espaciamiento entre los discos es otro factor importante que determina la profundidad de trabajo del apero agrícola. Estas distancias suelen oscilar entre los 18 cm y los 35 cm, siendo la primera medida una de las usuales para separar los discos para gradas agrícolas.

Cuando aumenta la distancia entre discos, la profundidad de incisión en el terreno, aumenta.

El ángulo de corte define en gran medida la profundidad de trabajo, a medida que incrementamos el ángulo del disco con respecto al sentido de la marcha obligamos al apero a trabajar a mayor profundidad y por consiguiente una mayor demanda de fuerza del tractor que arrastra el apero.

2.4.2. Dimensiones de los discos para gradas agrícolas.

Habitualmente están comprendidas entre 460 y 810 mm (18” a 32”) de diámetro, espesores entre 3,25 y 12 mm y concavidad o flechas entre 40 y 140 mm. (Esteban, 2014)

Tabla 1. Dimensiones de disco para gradas

Diámetro	Espesor	Peso lisos	Peso dentados
(in)	(mm)	(kg)	(kg)
16	3,25	3,47	3,25
18	3,25	428	3,95
20	4,00	6,65	6,20
22	4,50	9,17	8,61
24	5,00	12,20	11,25
26	6,00	17,50	16,50
28	6,00	19,95	18,95
28	8,00	26,40	25,10
30	8,00	30,85	29,20
30	10,00	38,55	36,50
32	10,00	44,05	41,35
36	12,00	67,60	63,55

Fuente. (Esteban, 2014)

Tabla 2. Dimensiones de disco troncocónicos.

Diámetro	Espesor	Peso lisos	Peso dentados
(in)	(mm)	(kg)	(kg)
28	8,00	26,00	23,75
30	10,00	29,55	27,20
32	10,00	42,20	39,00
36	12,00	67,70	63,60

Fuente. (Esteban, 2014)

Tabla 3. Dimensiones discos platillo con resalte grada rápida.

Diámetro	Espesor	Peso lisos	Ancho platillo
(in)	(mm)	(kg)	
20	6,00	8,16	170
22	6,00	10,19	170
24	6,00	12,35	170
26	6,00	15,00	170

Fuente. (Esteban, 2014)

2.4.3. Ventajas y desventajas del laboreo con discos agrícolas (Esteban, 2014)

Las gradas son aperos para una labor secundaria, desmenuzan con facilidad los terrones, y pueden trabajar más variedad de terrenos en lo que se refiere a las características de los mismos.

A continuación alguna de las ventajas y desventajas del laboreo por discos:

- El mullido conseguido del suelo es más elevado, incluso en terrenos con un mayor porcentaje de arcilla.
- Los elementos más finos quedan en la superficie del terreno en condiciones más secas.
- Fácil incorporación de fertilizantes químicos.

- El intervalo de humedad del suelo para poder trabajar el terreno, es más amplio.
- El apero no se emboza con facilidad, es laboreo recomendado después de la cosecha.
- Pueden originar excesiva compactación y suelas de labor con demasiada humedad.
- Trocean con facilidad los residuos vegetales.
- Producen mucha tierra fina, aunque puede ser un inconveniente por la erosión del terreno.

2.5. Rastra de disco. (Esteban, 2014)

Las rastras de discos son equipos de labor secundaria principalmente. Aunque en algunos lugares y ocasiones también se utilizan como equipos de labor primaria.

Su cometido es el de preparar la cama de siembra, no superando los 10 a 15 cm de profundidad de trabajo.

Con el paso de la rastra de discos conseguimos picar y desmenuzar rastros, nivelar el suelo de siembra y mezclar otros materiales como el estiércol.

Su versatilidad las ha colocado como equipos referentes en el mercado agrario. Aun teniendo algunas características desfavorables, contrapesan a favor otras características, como por ejemplo un menor consumo energético y menor tiempo del proceso de labor con el implemento agrícola.

Por otra parte, las rastras de discos han cobrado fuerza en las labores primarias con algunos cambios en el implemento agrícola, tales como discos con mayor diámetro y peso para poder trabajar a mayor profundidad de laboreo primario y poder descompactar y controlar las malezas.

2.5.1. Tipos de las rastras de discos (Esteban, 2014)

Por el tipo de enganche al tractor y según la disposición de los cuerpos:

2.5.1.1. Enganche al tractor.

Integrales. Son aquellas que enganchan al tractor por tres puntos. Van suspendidas en el transporte. Equipadas con discos de 50 kg y su peso es relativamente pequeño.

De arrastre. Enganchan al tiro del tractor por medio de una barra de tiro. Estas rastras de discos son mucho más pesadas y van equipadas con ruedas que sirven para el transporte y dar la profundidad de labor. Las ruedas son controladas por medio de un cilindro hidráulico.

2.5.1.2. Disposición de cuerpos.

Las de simple acción. Los cuerpos están dispuestos en forma de “V”. Trabajan el suelo solo una vez por pasada. Los discos se oponen por sus lados convexos equilibrando las fuerzas oponentes entre los mismos.

Doble acción o de tándem. Trabajan el suelo dos veces por cada pasada. Provistas de cuatro cuerpos a forma de “X”. Los dos cuerpos delanteros trabajan el suelo hacia afuera, mientras que los dos traseros lo trabajan hacia el interior. En este tipo de implemento agrícola, queda una faja en el centro sin labrar, esto se puede evitar descentrando los cuerpos delanteros y traseros o incorporando otro brazo que trabaje el camellón.

Rastras excéntricas (offset) o tiro desplazado. Consta de dos cuerpos en forma de “V”. El peso y el ángulo de ataque del implemento, son decisivos en la profundidad de trabajo. La línea de trabajo delantera, sus discos trabajan hacia la derecha, mientras que la línea trasera lo hace a la inversa. A consecuencia de las fuerzas de resistencia que ofrece el propio suelo, la línea de tiro ha de estar desplazada hacia la izquierda de la rastra de discos.

2.5.1.3. Despiece y partes de las rastras de discos. (Esteban, 2014)

- **Enganche.** Bien ya he comentado que este puede ser de dos tipos o bien de tres puntos para ir suspendido el implemento o bien de tiro por medio de una barra.
- **Con barra de tiro.** Solo en los casos de rastras con ruedas para el transporte. Engancharan al tractor por medio de esta barra.
- **Estructura o chasis.** Este es cuerpo del implemento agrícola donde van sujetos todos los elementos del mismo, habitualmente suelen ser robustos para poder soportar los esfuerzos a los cuales son sometidos.
- **Discos.** Estos son la propia herramienta de trabajo del implemento, tienen por finalidad cortar, desterronar, pulverizar o mullir el suelo. Van montados sobre un eje

y separados por carretes. Existen discos de varias medidas y formas para distintos tipos de labor.

- **Carretes.** Estas piezas van colocadas entre discos, sirven para mantener una distancia constante entre ellos, existen carretes de diversas medidas según los tipos de discos y tareas a desarrollar.
- **Rodamientos o cojinetes.** Son el punto de unión del eje de trabajo con el chasis. Estos absorben parte de los esfuerzos axiales.
- **Raspadores.** Son los encargados de limpiar el material que queda pegado al disco.

2.5.1.4. Profundidad de trabajo (Esteban, 2014)

Esta profundidad está determinada por varios factores del implemento, dependen esencialmente de:

- El ángulo de ataque de los discos, determinan en gran medida la profundidad. A mayor ángulo, mayor es la profundidad, la resistencia del suelo obliga al disco a profundizar de forma proporcional.
- La presión ejercida por la línea de trabajo de los discos es otro factor determinante en la profundidad de laboreo. En esta presión influyen el peso de los discos, forma y filo y altura del enganche al tractor.
- La velocidad de trabajo con el tractor, cuando esta velocidad aumenta disminuye la profundidad de laboreo, por el contrario al disminuir la velocidad aumenta la penetración. Podemos decir que la velocidad y la profundidad son inversamente proporcionales.

La combinación de estos tres factores importantes determinara la profundidad y el rendimiento del apero agrícola.

2.5.1.5. Consejos de mantenimiento (Esteban, 2014)

- Limpieza del apero de los restos de materiales de trabajo como barro o rastrojos.
- Conveniente guardar bajo techo y lijar y pintar cuando sea necesario para evitar la corrosión por oxidación.

- Revisar las uniones por soldadura y reparar las fisuras y posibles deformaciones del chasis.
- Sustitución de piezas muy gastadas o rotas por la labor desarrollada.
- Reapriete de todos los tornillos y tuercas, sustituir aquellos que se hayan perdido trabajando.
- Engrase generoso de las piezas mecánicas como rodamientos, ejes.

2.6. Tribología

La palabra Tribología se deriva del término griego tribos, el cual entenderse como “frotamiento o rozamiento”, así que la interpretación de la palabra puede ser, “la ciencia del rozamiento” (Rodríguez, 2014)

La Tribología se centra en el estudio de tres fenómenos; la fricción entre dos cuerpos en movimiento, el desgaste como efecto natural de este fenómeno y la lubricación como un medio para evitar el desgaste. (Rodríguez, 2014)

La esencia de este campo de estudio relacionado con la interacción de contacto entre sólidos en movimiento relativo es la investigación y abarca muchos campos del diseño, la lubricación, el desgaste y se basa en la ingeniería, la física, la química, las matemáticas, la metalurgia, la mecánica de los fluidos, los materiales y otras, por lo cual está considerada como una ciencia interdisciplinaria. (Mid, 2014)

En general, todo cuerpo en movimiento forma parte de un sistema Tribológico en el que pueden intervenir dos o más sólidos, sólidos y líquidos, así como también líquidos y gases. (Mid, 2014)

2.6.1. Aplicaciones. (Rodríguez, 2014)

La Tribología está presente en prácticamente todos los aspectos de la maquinaria, motores y componentes de la industria en general. Los componentes tribológicos más comunes son:

- Rodamientos
- Frenos y embragues
- Sellos

- Anillos de pistones
- Engranajes y Levas

Las aplicaciones más comunes de los conocimientos tribológicos, aunque en la práctica no se nombren como tales, son:

- Motores eléctricos y de combustión (componentes y funcionamiento)
- Turbinas
- Extrusión
- Rolado
- Fundición
- Forja
- Procesos de corte (herramientas y fluidos)
- Elementos de almacenamiento magnético
- Prótesis articulares (cuerpo humano)

La aplicación de los conocimientos de la Tribología en estas prácticas deriva en:

- Ahorro de materias primas
- Aumento en la vida útil de las herramientas y la maquinaria
- Ahorro de recursos naturales
- Ahorro de energía
- Protección al medio ambiente
- Ahorro económico.

2.7. Fricción

Se define como fuerza de rozamiento o fuerza de fricción entre dos superficies en contacto a la fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre la otra (fuerza de fricción cinética) o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento (fuerza de fricción estática).

Las fuerzas de fricción son importantes en la vida cotidiana ya que nos permiten caminar

y correr. Toda fuerza de fricción se opone a la dirección del movimiento relativo. (Rodríguez, 2014)

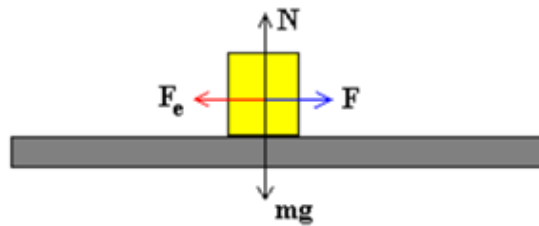
2.7.1. Tipos de rozamiento.

Existen dos tipos de rozamiento o fricción, la fricción estática y la fricción dinámica o cinética. (Rodríguez, 2014)

2.7.1.1. Fuerza de rozamiento estática. (Rodríguez, 2014)

Es la fuerza de rozamiento entre dos objetos que no están en movimiento relativo.

Figura 3. Creación de la fuerza de fricción F_e



Fuente. (Rodríguez, 2014)

Como la aceleración es cero la fuerza aplicada es igual y opuesta a la fuerza de rozamiento estático F_e .

$$F = F_e$$

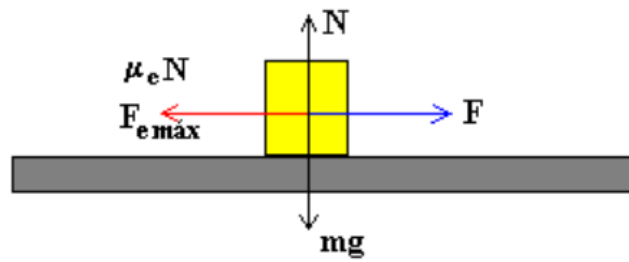
(1)

La máxima fuerza de rozamiento corresponde al instante en el que el bloque está a punto de deslizar, esto es:

$$F_{e\text{máx}} = \mu_e N$$

(2)

Figura 4. Fuerza de fricción máxima.



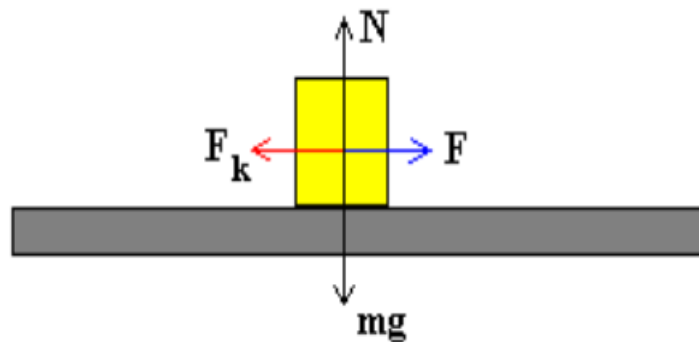
Fuente. (Rodríguez, 2014)

La constante de proporcionalidad μ_e se denomina coeficiente de rozamiento estático.

2.7.1.2. *Fuerza de rozamiento cinético.* (Rodríguez, 2014)

Es aquella fuerza que se presenta cuando hay movimiento de un cuerpo respecto al otro. Cuando el movimiento pasa de inminente a movimiento propiamente dicho, el valor de la fuerza de rozamiento disminuye y permanece casi constante.

Figura 5. Fuerza de rozamiento cinético F_k



Fuente. (Rodríguez, 2014)

$$F_k = \mu_k N$$

(3)

La constante de proporcionalidad μ_k es un número sin dimensiones que se denomina coeficiente de rozamiento cinético.

Tabla 4. Coeficiente de rozamiento de algunas sustancias.

Materiales en contacto	Fricción estática	Fricción cinética
Hielo/Hielo	0,1	0,03
Vidrio/Vidrio	0,9	0,4
Madera/Cuero	0,4	0,3
Madera/Piedra	0,7	0,3
Madera/Madera	0,4	0,3
Acero/Acero	0,74	0,57
Acero/Hielo	0,03	0,02
Acero/Latón	0,5	0,4
Acero/Teflón	0,04	0,04
Teflón/ Teflón	0,04	0,04
Caucho/Cemento (seco)	1,0	0,8
Caucho/Cemento (húmedo)	0,3	0,25
Cobre/Hierro (fundido)	1,1	0,3
Esquí (encerado)/Nieve (0°C)	0,1	0,05
Articulaciones humanas	0,01	0,003

Fuente. (Rodríguez, 2014)

2.7.1.3. Rozamiento entre superficies de sólidos.

A continuación se mencionan las Leyes de rozamiento para cuerpos sólidos.

- La fuerza de rozamiento es de igual dirección y sentido contrario al movimiento del cuerpo.
- La fuerza de rozamiento es prácticamente independiente del área de la superficie de contacto.
- La fuerza de rozamiento depende de la naturaleza de los cuerpos en contacto, así como del estado en que se encuentren sus superficies.
- La fuerza de rozamiento es directamente proporcional a la fuerza normal que actúa entre las superficies de contacto.

- Para un mismo par de cuerpos, el rozamiento es mayor en el momento de arranque que cuando se inicia el movimiento.
- La fuerza de rozamiento es prácticamente independiente de la velocidad con que se desplaza un cuerpo sobre otro. (Rodríguez, 2014)

2.7.2. *Desgaste.* (Rodríguez, 2014)

El proceso de desgaste, puede definirse como una pérdida de material de la interface de dos cuerpos, cuando se les ajusta a un movimiento relativo bajo la acción de una fuerza.

En general, los sistemas de ingeniería implican el movimiento relativo entre componentes fabricados a partir de metales y no metales, y se han identificado seis tipos principales de desgaste, como sigue:

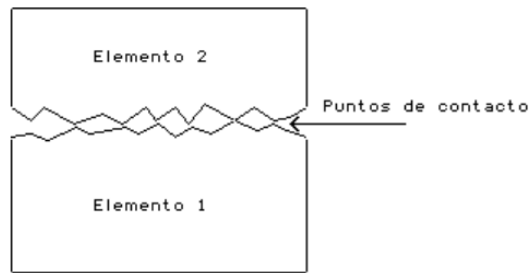
- Desgaste por adherencia.
- Desgaste por abrasión.
- Desgaste por ludimiento.
- Desgaste por fatiga.
- Desgaste por erosión.
- Desgaste corrosivo.

A continuación se explica brevemente cada uno de ellos:

2.7.2.1. *Desgaste adhesivo.*

Esta forma de desgaste ocurre cuando dos superficies se deslizan una contra otra bajo presión. Los puntos de contacto, proyecciones microscópicas o la aspereza de la unión en la interface donde ocurre el deslizamiento debido a los altos esfuerzos localizados, llevan a que las fuerzas de deslizamiento fracturen la unión, desgarrando al material de una superficie y transfiriéndolo a otra, lo que puede ocasionar posteriormente mayor daño. (Rodríguez, 2014)

Figura 6. Desgaste adhesivo entre dos piezas en movimiento.

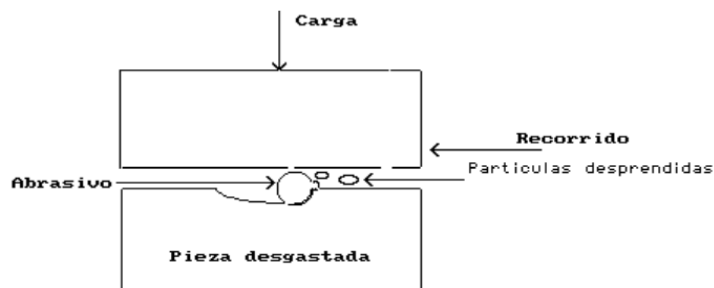


Fuente. (Rodríguez, 2014)

2.7.2.2. Desgaste por abrasión.

Es la remoción de material de la superficie en contacto por superficies duras en superficies de coincidencia, o con superficies duras que presentan un movimiento relativo en la superficie desgastada. Cuando es el caso de partículas duras, ellas pueden encontrarse entre las dos superficies que se deslizan entre sí como se muestra en la figura 8 o se podrían incrustar en cualquiera de las superficies. Es conveniente aclarar que este tipo de desgaste se puede presentar en estado seco o bajo la presencia de un fluido. (Rodríguez, 2014)

Figura 7. Desgaste abrasivo debido a la presencia de partículas duras.



Fuente. (Rodríguez, 2014)

2.7.2.3. Desgaste por ludimiento.

Esta forma de desgaste aparece como resultado del movimiento oscilatorio de dos superficies en contacto, como sucede en máquinas donde existe vibración entre las partes. (Rodríguez, 2014)

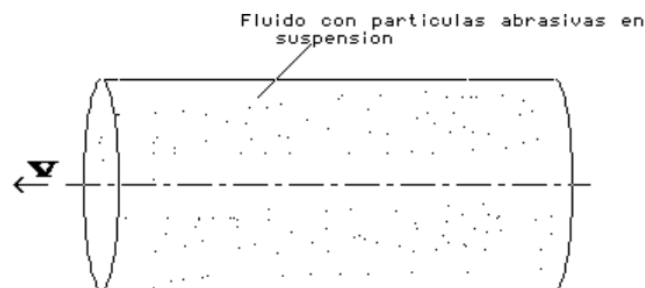
2.7.2.4. *Desgaste por fatiga superficial.*

Es probable que el modo predominante de la mayoría de los tipos de desgaste sea por desprendimiento de material de la superficie por fatiga, ya sea que la naturaleza del movimiento sea unidireccional o de vaivén. Clasificar un tipo particular de falla como desgaste por fatiga puede ser confuso. Sin embargo, a fin de hacer una clasificación, el término desgaste por fatiga se reserva para identificar la falla de contactos lubricados en casos como los rodamientos de bolas o rodillo, engranes, levas y mecanismos impulsores de fricción. La pérdida de material es por desprendimiento de superficiales y por picaduras, como en los engranes. (Rodríguez, 2014)

2.7.2.5. *Desgaste erosivo.*

Este tipo de desgaste ocasiona pérdidas de material en la superficie por el contacto con un líquido que contiene en suspensión cierta cantidad de partículas abrasivas como se muestra en la figura 10, siendo esencial el movimiento relativo entre el fluido y la superficie, ya que la fuerza de las partículas, que de hecho son responsables del daño, se aplica cinéticamente. En el desgaste erosivo es donde el movimiento relativo de las partículas sólidas es casi paralelo con las superficies erosionadas se denomina erosión abrasiva, por otro lado, la erosión en la que el movimiento relativo de las partículas es casi normal (perpendicular) a la superficie erosionada se conoce como erosión bajo impacto. (Rodríguez, 2014)

Figura 8. Desgaste erosivo debido a la acción de un fluido con partículas abrasivas en suspensión



Fuente. (Rodríguez, 2014)

2.7.2.6. *Desgaste corrosivo.*

En esta forma de desgaste las reacciones químicas o electroquímicas con el medio ambiente contribuyen significativamente en la velocidad del desgaste. En algunas

ocasiones, las reacciones químicas ocurren primero y son seguidas por una remoción de los productos de la corrosión mediante una acción mecánica (abrasión), de otra manera, la acción mecánica podría preceder a la acción química dando como resultado la creación de pequeñas partículas de desperdicio. (Rodríguez, 2014)

2.8. Energía consumida al labrar. (Cañavate, 2012)

La energía consumida al labrar depende fundamentalmente de la resistencia específica del terreno μ que es igual a la fuerza necesaria para tirar del arado F dividida por la sección de la labor S .

$$F = \mu \cdot S \quad (4)$$

F = Fuerza de tracción (N)

μ = Resistencia específica del terreno (N/cm²).

S = Sección de trabajo (cm²).

En un apero la sección de trabajo es:

$$S = n \cdot a \cdot p \quad (5)$$

Siendo

n = el número de cuerpos del arado

a = la anchura de cada cuerpo (cm)

p = la profundidad del trabajo (cm).

La resistencia específica depende del tipo de suelo y también de la velocidad de trabajo. Según ASABE, los valores medios de la resistencia específica para distintos suelos son:

Tabla 5. Valores medios de la resistencia específica para distintos suelos.

Arcillo-Limonoso	$\mu = 7 + 0.049 v^2$
Franco-Arcilloso	$\mu = 6 + 0.049 v^2$
Franco-Arcilloso-Limonoso	$\mu = 4.8 + 0.024 v^2$
Franco	$\mu = 3 + 0.020 v^2$
Limo-Arenoso	$\mu = 3 + 0.032 v^2$
Franco-Arenoso	$\mu = 2.8 + 0.013 v^2$
Arenoso	$\mu = 2 + 0.013 v^2$

Fuente. (Cañavate, 2012)

Las unidades en las que se expresa la resistencia específica es N/cm^2

Esta fórmula ($\mu = \mu_0 + \lambda \cdot v^2$) se debe al físico ruso Gorjatschki, en la que:

μ_0 = es la resistencia específica del terreno estática

λ = es un parámetro dependiendo ambos del tipo de suelo

μ = en N/cm^2

v = viene expresada en km/h.

2.8.1. Rendimiento teórico (St)

Se realiza en una máquina cuando comienza a funcionar en las labores de campo sin ningún tipo de interrupción, con una velocidad uniforme de trabajo v , y cubriendo siempre la totalidad de la anchura teórica de trabajo a . Está expresada en hectáreas por hora (ha/h) para las máquinas de campo, también se expresa en toneladas por hora, para máquinas cosechadoras, de carga, etc.

$$St = a \cdot v/10$$

(6)

2.8.2. *Capacidad de trabajo efectiva (Se).*

Esta es menor en la utilización práctica de las máquinas, debido a los tiempos gastados en las vueltas que se realizan en las cabeceras, recubrimiento, carga y descarga de productos. El coeficiente entre la capacidad de trabajo efectiva S_e , y la capacidad de trabajo teórica S_t , nos da un rendimiento efectivo de campo.

$$\eta_e = S_e/S_t \quad (7)$$

2.9. **El suelo.**

Los procesos biológicos combinados con los procesos físicos y químicos en cada lugar y región climática forman el suelo. Una vez formados, los suelos cambian y se desarrollan debido a éstos y otros procesos biológicos, físicos y químicos. Con variaciones en la pendiente, climas y tipos de cubierta vegetal, muchos suelos diferentes pueden formarse en una posición cerca de cualquier otro, aunque el material parental puede ser bastante similar. (Analuiza, y otros, 2016)

2.9.1. *Principales tipos de suelos.* (Analuiza, y otros, 2016)

Entre los principales tipos de suelo tenemos:

- **Arenoso:** La arena representa más del 70 por ciento de la fracción sólida del suelo. En este grupo se reconocen las texturas arenosas y arenosas-francas.
- **Arcillosos:** Los suelos de este grupo poseen mínimo 35 por ciento de arcilla y en la mayoría de los casos más de 40 por ciento. Las texturas arcilloso-arenosas, arcilloso-limosas y arcillosas, son típicas de este grupo de suelos.
- **Francos:** Un suelo franco ideal podría ser definido como una mezcla de arena, limo y arcilla; pero las propiedades que estas fracciones ofrecen al suelo son aproximadamente iguales. En este grupo hay 6 clases texturales, y la mayoría de los suelos de importancia agrícola normalmente pertenecen a este grupo de textural.

Figura 9. Tipos de suelo.



Fuente. (Analuiza, y otros, 2016)

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y SELECCIÓN

3.1. Descripción del equipo.

Este equipo permite la optimización del campo de trabajo y el ahorro de tiempo en las actividades que realiza. Su objetivo principal es deshierbar el campo de cultivo sean estos sembríos de maíz, papa, frejol, etc... y al mismo tiempo que deshierba permite mejorar la aireación del terreno, admitiendo una mejor distribución de agua por el campo en labranza.

Lo innovador de este apero de labranza, es su disposición a ser adaptable a cualquier tipo de sembrío. Esto es posible debido a sus distancias entre discos regulables los cuales se adaptan a cualquier distancia entre surcos de cultivo que se encuentren entre el rango de 40 a 90 cm.

Este apero de labranza consta de las siguientes partes que a continuación se detallan:

- Placa superior de brazo.
- Tubo de guía principal.
- Placa triangular superior.
- Placa rectangular superior
- Cilindro roscado.
- Brazo de soporte de disco.
- Placa inferior de brazo.
- Acople a motocultor.
- Placa de cilindro roscado.
- Base de arrastre

- Placa de base de arrastre.
- Disco de labranza.
- Brazo soporte.

3.2. Diseño del apero de labranza (Desherbadora).

3.2.1. *Calculo de las capacidades y tiempos de labranza con una distancia entre discos de 40cm.*

Para los cálculos de las capacidades y tiempos de trabajo que el apero empleara en el laboreo, se trabajara con un ancho de trabajo del apero de 40 y 90 cm siendo estos los rangos mínimos y máximos de trabajo.

a) Datos del motocultor.

1. $a = 0.40 \text{ m.}$
2. $v = 1,5 \text{ km/h}$
3. $n_e = 0,85$
4. $F = 221 \text{ Kgf o } 2168 \text{ N}$

3.2.1.1. *Capacidad de trabajo teórico (St)*

$$St = \frac{a \cdot v}{10}$$

$$St = \frac{0,4 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ km/h}}{10}$$

$$\mathbf{St = 0,06 \text{ ha/h}}$$

3.2.1.2. *Tiempo eficaz (TE)*

$$TE = \frac{1}{St}$$

$$TE = \frac{1}{0,06 \text{ ha/h}}$$

$$\mathbf{TE = 16,67 \text{ h/ha}}$$

3.2.1.3. *Capacidad de trabajo efectiva (Se).*

$$n_e = \frac{Se}{St}$$

$$Se = n_e . St$$

$$Se = (0,85) . (0,06 \frac{\text{ha}}{\text{h}})$$

$$\mathbf{Se = 0,051 \text{ ha/h}}$$

3.2.1.4. *Tiempo efectivo (te).*

$$te = \frac{1}{Se}$$

$$te = \frac{1}{0,051 \text{ ha/h}}$$

$$\mathbf{te = 19,61 \text{ h/ha}}$$

b) Datos del motocultor.

1. $a = 0.90 \text{ m.}$
2. $v = 1,5 \text{ km/h}$
3. $n_e = 0,85$
4. $F = 221 \text{ Kgf o } 2168 \text{ N}$

3.2.2. Cálculo de las capacidades y tiempos de labranza con una distancia entre discos de 90cm.

3.2.2.1. Capacidad de trabajo teórico (St).

$$St = \frac{a \cdot v}{10}$$

$$St = \frac{0,9 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ km/h}}{10}$$

$$\mathbf{St = 0,135 \text{ ha/h}}$$

3.2.2.2. Tiempo eficaz (TE).

$$TE = \frac{1}{St}$$

$$TE = \frac{1}{0,135 \text{ ha/h}}$$

$$\mathbf{TE = 7,41 \text{ h/ha}}$$

3.2.2.3. Capacidad de trabajo efectiva (Se).

$$n_e = \frac{Se}{St}$$

$$Se = n_e \cdot St$$

$$Se = (0,85) \cdot (0,135 \frac{\text{ha}}{\text{h}})$$

$$\mathbf{Se = 0,11 \text{ ha/h}}$$

3.2.2.4. Tiempo efectivo (te).

$$te = \frac{1}{Se}$$

$$te = \frac{1}{0,11 \text{ ha/h}}$$

$$te = 9,1 \text{ h/ha}$$

3.2.3. *Calculo de la resistencia de distintos suelos.*

En esta sección analizaremos la resistencia que presentan los tres diferentes tipos de suelos más comunes en el cantón Riobamba como son: Franco – Arcilloso, Limo – Arenoso y Arenoso.

Utilizaremos la ecuación $F = u \times S$

F = Fuerza de tracción

u = Resistencia especifica del terreno.

s = Sección de trabajo.

$$S = n \cdot a \cdot p$$

n = 2 (números de disco)

a = 40 cm (ancho de cuerpo)

p = 8 cm (profundidad)

$$S = 2 \times 40 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$$

$$S = 640 \text{ cm}^2$$

$$F = 2168 \text{ N}$$

$$\mu = \frac{F}{S}$$

$$\mu = \frac{2168}{640}$$

$$\mu = 3,38 \frac{N}{cm^2}$$

3.2.3.1. *Cálculo de la resistividad del suelo Franco – Arcilloso.*

$$V = 1,5 \text{ km/h}$$

$$\mu = \mu_{\theta} + 0,049 v^2$$

$$\mu_{\theta} = \mu - 0,049 v^2$$

$$\mu_{\theta} = 3,38 - 0,049 \times 1,5^2$$

$$\mu_{\theta} = 3,38 - 0,11$$

$$\mu_{\theta} = 3,27 \frac{N}{cm^2}$$

3.2.3.2. *Cálculo de la resistividad del suelo Limo – Arenoso.*

$$V = 1,5 \text{ km/h}$$

$$\mu = \mu_{\theta} + 0,032 v^2$$

$$\mu_{\theta} = \mu - 0,032 v^2$$

$$\mu_{\theta} = 3,38 - 0,032 \times 1,5^2$$

$$\mu_{\theta} = 3,38 - 0,072$$

$$\mu_{\theta} = 3,31 \frac{N}{cm^2}$$

3.2.3.3. *Cálculo de la resistividad del suelo Arenoso.*

$$V = 1,5 \text{ km/h}$$

$$\mu = \mu_{\theta} + 0,013 v^2$$

$$\mu_{\theta} = \mu - 0,013 v^2$$

$$\mu_{\theta} = 3,38 - 0,013 \times 1,5^2$$

$$\mu_{\theta} = 3,38 - 0,029$$

$$\mu_{\theta} = 3,35 \frac{N}{cm^2}$$

3.2.4. *Cálculo de la fuerza de tracción de los distintos suelos.*

En este ítem analizaremos la fuerza de tracción que presentan los tres diferentes tipos de suelos más comunes en el cantón Riobamba como son: Franco – Arcilloso, Limo – Arenoso y Arenoso.

Utilizaremos la ecuación $F = u \times S$

3.2.4.1. *Cálculo de la resistividad del suelo Franco – Arcilloso.*

$V = 1,5 \text{ km/h}$

$$F = \mu . S$$

$$F = \mu_{\theta} . S$$

$$F = (3,27 + 0,049 \times 1,5^2) \times 640$$

$$F = 3,38 \times 640$$

$$\mathbf{F = 2163,36 \text{ N}}$$

3.2.4.2. *Cálculo de la resistividad del suelo Limo – Arenoso.*

$V = 1,5 \text{ km/h}$

$$F = \mu . S$$

$$F = \mu_{\theta} . S$$

$$F = (3,31 + 0,032 \times 1,5^2) \times 640$$

$$F = 3,382 \times 640$$

$$\mathbf{F = 2164,48 \text{ N}}$$

3.2.4.3. *Cálculo de la resistividad del suelo Arenoso.*

$$V = 1,5 \text{ km/h}$$

$$F = \mu . S$$

$$F = \mu_{\theta} . S$$

$$F = (3,35 + 0,013 \times 1,5^2) \times 640$$

$$F = 3,379 \times 640$$

$$\mathbf{F = 2162,72 \text{ N}}$$

Con los resultados obtenidos podemos deducir que la fuerza que nos brinda el motocultor es adecuada para cualquier tipo de suelo a trabajar.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO DE LA MÁQUINA DESHERBADORA

4.1. Modelado en el software SolidWorks.

Para el diseño y modelado de la máquina deshierbadora se usará el software Solidworks 2015 el cual al ser una herramienta CAD, que es un programa de diseño asistido por computadora en 3D este nos permitirá, croquizar, modelar, analizar y generar planos de construcción de nuestra maquina facilitando la construcción de la misma.

Para realizar el modelado de nuestra máquina se debe seguir el siguiente procedimiento.

1. Se debe iniciar el programa y en la primera ventana de visualización seleccionar **pieza**.
 2. Luego se debe seleccionar la cara en la que se desea trabajar sea alzado, lateral, planta y se prosigue con el modelado de la pieza en trabajo.
 3. Una vez terminado de modelar todas las piezas que forman la maquina se las procede a ensamblar mediante la opción **Ensamblaje**.
- Este programa nos permite desarrollar planos de construcción mediante la opción **Dibujo**.

4.2. Información general de la máquina desherbadora.

En las siguientes tablas se detallan aspectos generales de la máquina como largo, ancho, material usado, etc... así como las características principales del acero empleado en la construcción.

Tabla 6. Información general.

Características	Nominación
Largo	812 mm
Ancho	900 mm
Altura	580,23 mm
Material	Acero ASTM A 36
Color	Verde

Fuente. Autores

Tabla 7. Propiedades del acero ASTM A36.

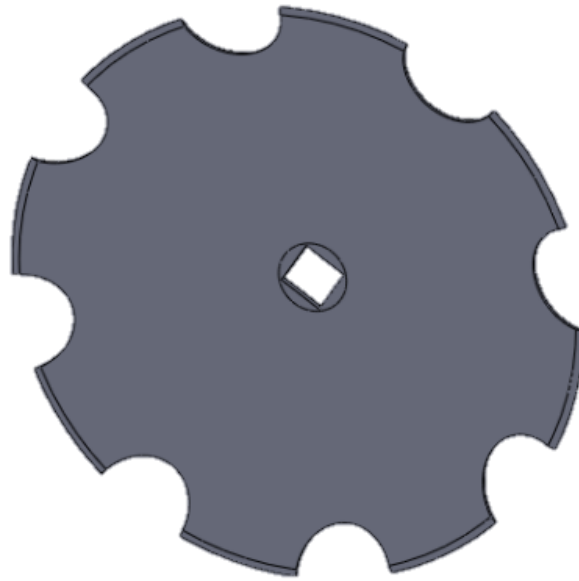
Composición química				
Hierro		98 %		
Carbono (C)		0,26 % máx.		
Manganeso Mn		0,8		
Fósforo (P)		0,04 % máx.		
Azufre (S)		0,05 % máx.		
Silicio (Si)		0,40 % máx.		
Cobre (Cu)		0,20%		
Propiedades físicas				
Densidad		0,017 lb/cm ³		
Módulo de elasticidad		200 Gpa		
Módulo de cizallamiento		79,3 Gpa		
Propiedades mecánicas				
Límite de fluencia mínimo		Resistencia a la tracción		
PSI	36000	PSI	Min	Max
			58000	80000

Fuente. Autores

4.3. *Proceso general del modelado de la maquina desherbadora.*

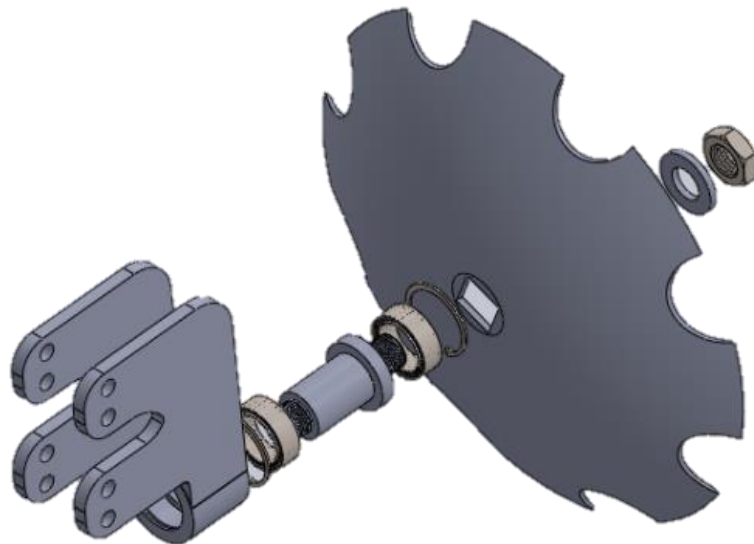
El proceso de modelado inicio con el diseño de las distintas partes que conforman la maquina deshierbadora, un diseño que se realizó primero en forma manual como un bosquejo y al cual se le fueron puliendo detalles a lo largo del proceso obteniendo el modelado final como lo apreciamos en la siguiente figura.

Figura 10. Modelado del disco para desherbar



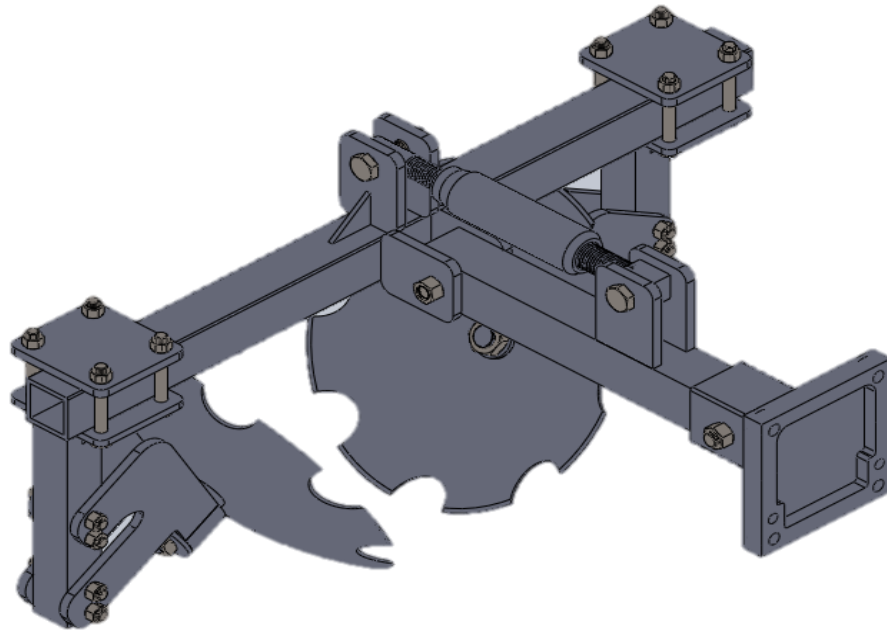
Fuente. Autores

Figura 11. Explotado del brazo de soporte del disco



Fuente. Autores

Figura 12. Modelado final de la máquina deshierbadora.



Fuente. Autores

4.3.1. Materiales utilizados para la construcción de la deshierbadora.

A continuación, en la siguiente tabla se detallan los materiales empleados en la construcción de la deshierbadora así como sus espesores y tipo de material.

Tabla 8. Elementos que conforman el apero para desherbar.

Nº	Componente	Tipo de material	Norma	Cantidad
1	Placa superior de brazo.	ASTM A-36	INEN 2415	2
2	Tubo de guía principal.	ASTM A-36	INEN 2415	1
3	Placa triangular superior.	ASTM A-36	INEN 2415	2
4	Placa rectangular superior	ASTM A-36	INEN 2415	2
5	Cilindro roscado.	ASTM A-36	INEN 2415	1
6	Brazo de soporte de disco.	ASTM A-36	INEN 2415	2

Fuente. Autores

Tabla 8. (Continuación) Elementos que conforman el apero para desherbar.

7	Placa inferior de brazo.	ASTM A-36	INEN 2415	2
8	Acople a motocultor.	ASTM A-36	INEN 2415	1
9	Placa de cilindro roscado.	ASTM A-36	INEN 2415	2
10	Base de arrastre.	ASTM A-36	INEN 2415	1
11	Placa de base de arrastre.	ASTM A-36	INEN 2415	2
12	Disco de labranza.	ASTM A-36	-----	2
13	Brazo soporte.	ASTM A-36	INEN 2415	2

Fuente. Autores

4.4. Análisis estructural mediante el software ANSYS

Para el análisis estructural de la máquina deshierbadora se utilizará la herramienta Ansys 6.1, que es un software CAE (Ingeniería Asistida por Ordenador), el cual es un programa de ingeniería en 3D que nos permite, obtener la deformación total de la estructura en estudio, el factor de seguridad, la resistencia a la fluencia entre otros parámetros de suma importancia para su construcción. Estos factores son primordiales para determinar si una estructura resiste o no a las cargas suministradas sobre ella.

Para el análisis estructural es necesario seguir los siguientes pasos:

- Iniciar el programa ANSYS.
- Elegir el análisis 3D.
- Escoger el material en estudio.
- Importar la geometría, previamente diseñada en el software SOLIDWORKS.
- Escoger el adecuado mallado y refinamiento de la malla (deformación, estrés).
- Fijar o anclar la base con un fixed support.
- Implantar las fuerzas que actúen sobre la estructura de la máquina deshierbadora.

- Determinar el tipo de análisis a realizar, análisis de tensiones, esfuerzos, deformación total, factor de seguridad, entre otros.
- Generar los resultados de nuestra estructura con la finalidad de determinar su factibilidad.

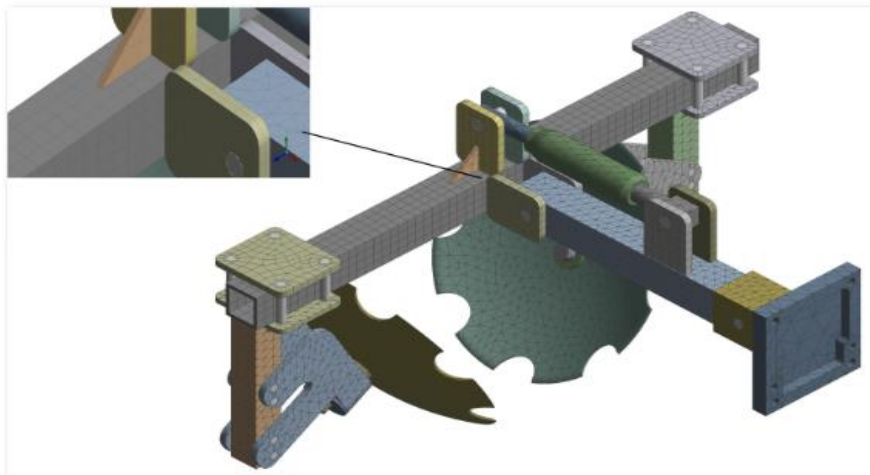
4.2 Generación de malla.

Cuando se trabaja mediante el empleo del software ANSYS nos proporciona tres tipos de elementos entre los cuales tenemos: unidimensionales 1D (beams), bidimensionales 2D (shells), tridimensionales 3D (solidos), cada uno con diferentes aplicaciones dependiendo del tipo de fenómeno físico que se desee analizar.

Con la finalidad de ahorrar recursos computacionales y tiempo se ha decidió trabajar con elementos tipo Shell, también conocidos como láminas, los cuales permiten ahorrar recursos computacionales, acortando los tiempos de respuesta a la solución de un problema.

La técnica para ahorrar recursos computacionales y tiempo en este tipo de análisis es empleando los componentes mencionados anteriormente.

Figura 13. Control de malla en unión de componentes.



Fuente. Autores

4.2.1 Criterios de evaluación de la malla.

El criterio de malla se puede evaluar con una de las herramientas de ANSYS la cual es el valor de oblicuidad (skewness).

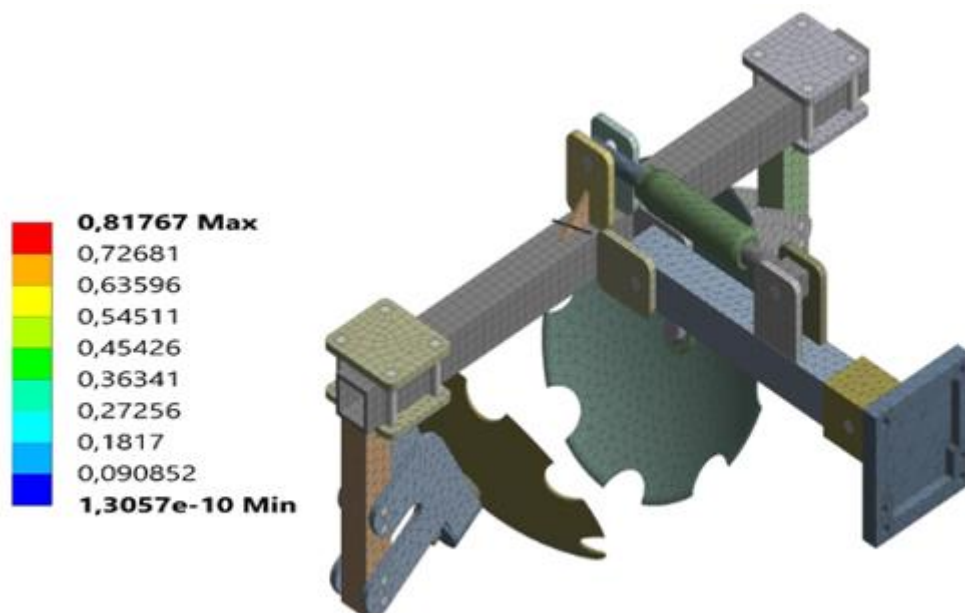
Figura 14. Criterios de aceptabilidad de la calidad de malla

Valor de Oblicuidad (skewness)					
Excelente.	Muy bien.	Bueno.	Aceptable.	Malo.	Inaceptable.
0-0,25	0,25-0,50	0,50-0,80	0,80-0,94	0,95-0,97	0,98-1,00

Fuente. Autores

En la siguiente figura se aprecia el tipo de mallado, en la cual se obtiene una calidad de malla aceptable en la geometría. Siendo los valores que se aproximen a 0 los de mayor calidad y a 1 como valores de pésima calidad (ver Figura 10.).

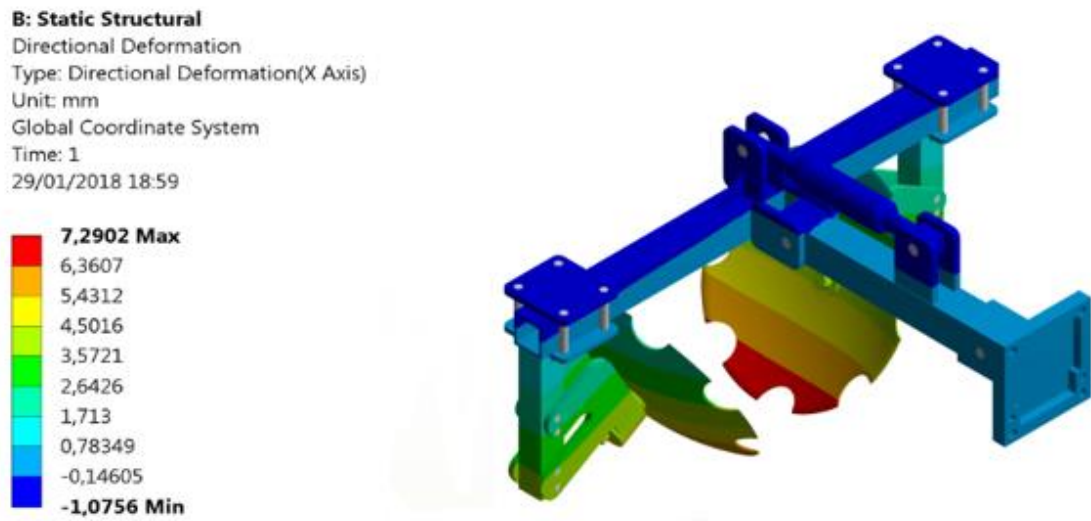
Figura 15. Calidad de malla de impacto posterior (Aceptable - Inaceptable).



Fuente. Autores

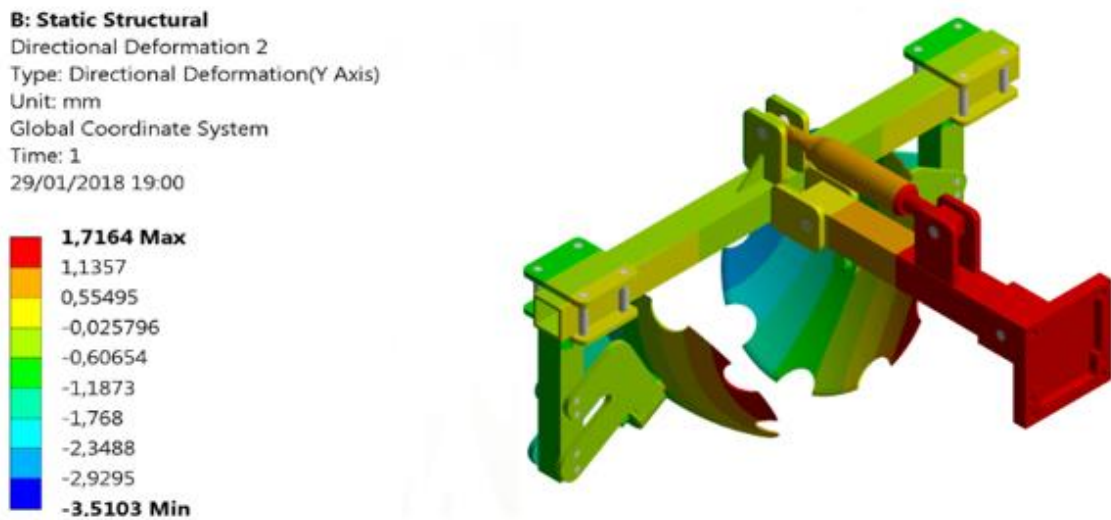
En la figura siguiente se aprecia valores de los tres tipos de deformaciones bajo las condiciones establecidas (ver Figura 10.)

Figura 16. Desplazamiento axial eje (X)



Fuente. Autores

Figura 17. Desplazamiento en el eje (Y)



Fuente. Autores

Figura 18. Desplazamiento Axial en el eje (Y)

B: Static Structural

Directional Deformation 3

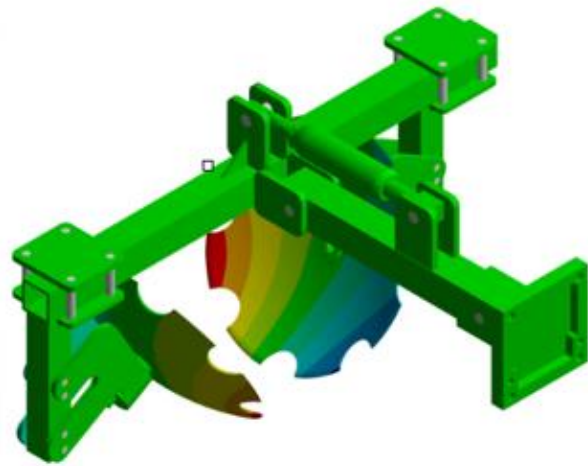
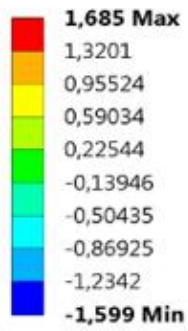
Type: Directional Deformation(Z Axis)

Unit: mm

Global Coordinate System

Time: 1

29/01/2018 19:00



Fuente. Autores

CAPÍTULO VI

5. CONSTRUCCIÓN

5.1. Generalidades

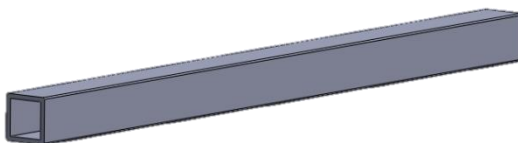
Habiendo terminado la verificación y el análisis de diseño de la máquina de desgaste acelerado para aperos de labranza agrícola, se procede a la construcción de la misma, para la determinación del desgaste por abrasión que sufren las cuchillas del rotavator y el disco de rastra en un día común de trabajo, teniendo como referencia los planos del despiece y todos los elementos que forman parte de la máquina de desgaste. Para realizar la máquina de desgaste acelerado es fundamental aplicar procesos de manufactura como el uso de herramientas manuales, máquinas herramientas entre otras cosas.

5.2. Construcción del apero para desherbar

5.2.1. *Tubo guía*

La construcción del tubo cuadrado tiene un dimensionamiento de 900 mm de largo y un ancho de 55 mm. El acero empleado en la pieza es un acero ASTM A – 36.

Figura 19. Tubo guía



Fuente. Autores

5.2.2. *Brazo de soporte.*

La construcción del brazo de soporte tiene la forma de un tubo cuadrado de 300 mm de largo y un ancho de 45 mm. El acero empleado en la pieza es un acero ASTM A – 36.

Figura 20. Brazo de soporte

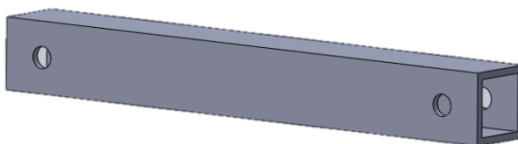


Fuente. Autores

5.2.3. Base de arrastre

Este elemento nos permite el arrastre del apero por medio del tiro del motocultor, tiene una forma de tubo cuadrado de 445 mm de largo y un ancho de 55 mm.

Figura 21. Base de arrastre



Fuente. Autores

5.2.4. Corte de las placas que constituyen el apero.

Para la fabricación de las diferentes placas que se emplean en el apero para desherbar, se utiliza el acero ASTM A – 36.

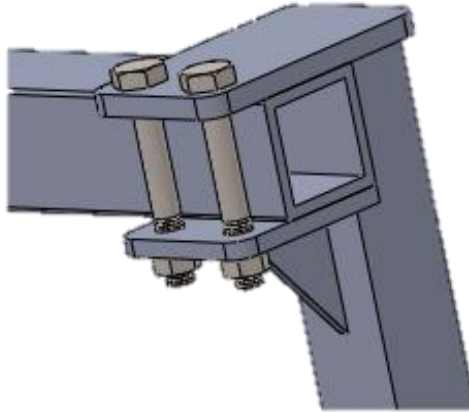
A continuación se detallan las placas empleados en nuestro apero para desherbar:

5.2.4.1. Placa superior e inferior del brazo.

La placa superior tiene un dimensionamiento del 130 mm de largo por 75 mm de ancho con un espesor de 10 mm. La placa inferior tiene un largo de 85 mm, un espesor de 8 mm

y tiene el mismo ancho que la superior. Estas piezas nos permiten unir el tubo guía con el brazo de soporte.

Figura 22. Placa superior e inferior

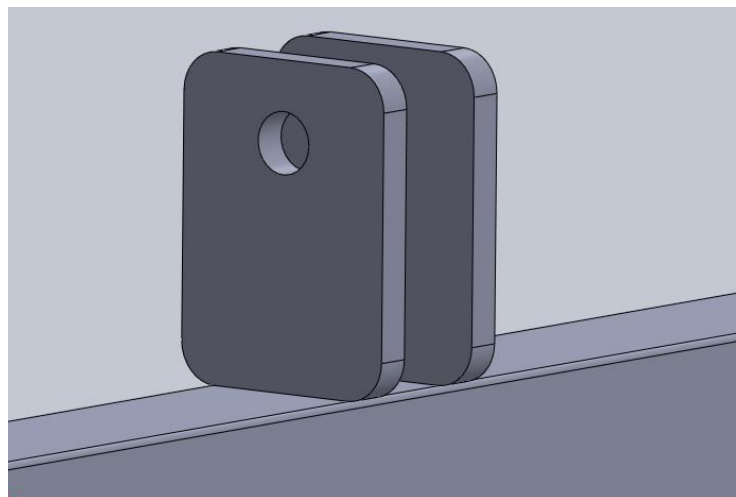


Fuente. Autores

5.2.4.2. *Placa rectangular superior.*

Esta placa tiene un dimensionamiento de 100 x 75 x 11,1 mm va soldada junto al tubo guía, tiene la función de servir de soporte para el cilindro roscado.

Figura 23. Placa rectangular superior

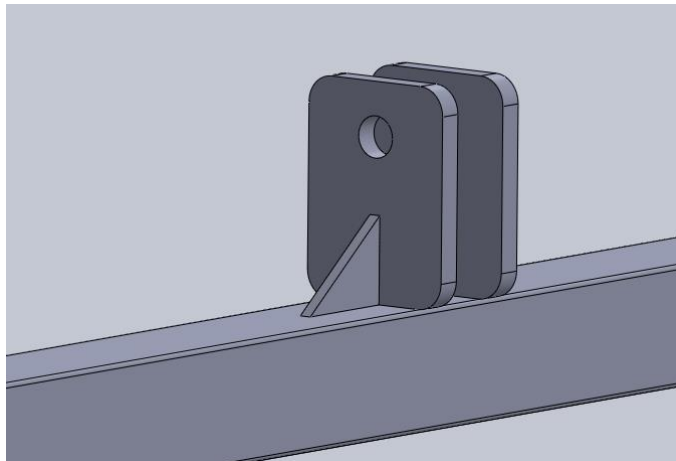


Fuente. Autores

5.2.4.3. *Placa triangular superior.*

Este elemento nos sirve como ayuda para las placas rectangulares, sus dimensiones son 40 mm de altura, 50 mm de ancho y un espesor de 5,5 mm.

Figura 24.Conjunto de placas triangular y rectangular

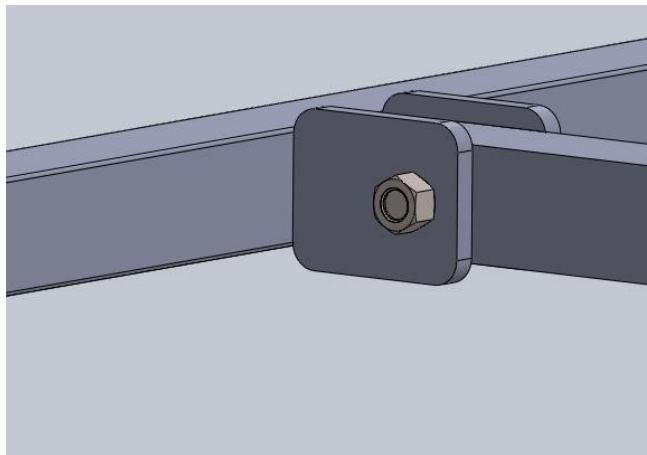


Fuente. Autores

5.2.4.4. *Placa base de arrastre.*

Este elemento nos sirve como acople entre la base de arrastre y el tubo guía, sus dimensiones son 95 mm de largo, 75 mm de ancho y un espesor de 11,1 mm.

Figura 25.Conjunto de placa base, tubo guía y base de arrastre.

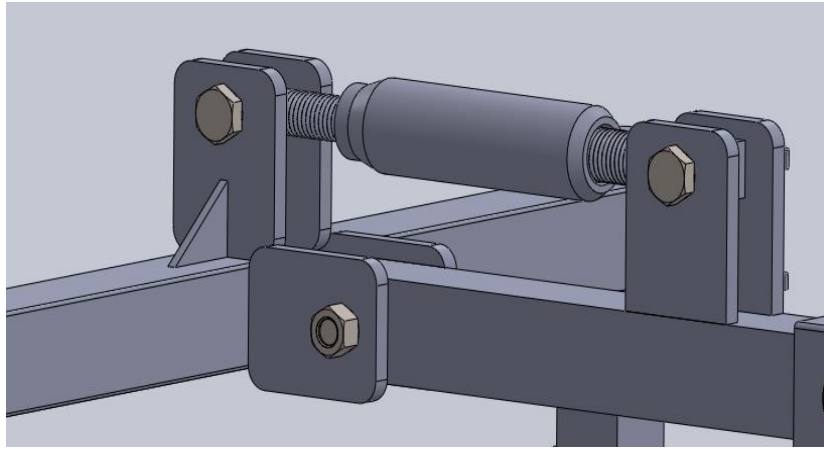


Fuente. Autores

5.2.5. *Cilindro roscado.*

Este elemento nos permite graduar la inclinación de la base de arrastre con respecto al suelo tiene un dimensionamiento de 185 mm de largo con un diámetro mayor de 50 mm.

Figura 26.Conjunto de placas base, rectangular, cilindro de roscado y base de arrastre.

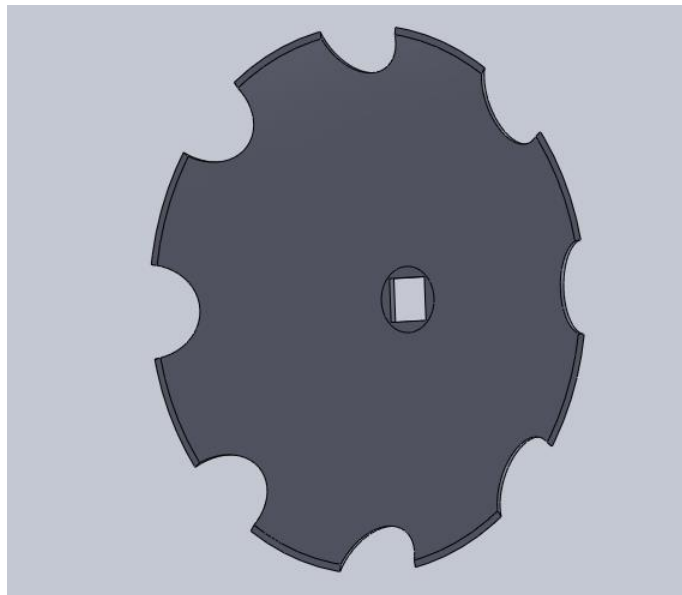


Fuente. Autores

5.2.6. Discos.

El disco empleado para desherbar se trata de un elemento dentado de un radio mayor de 187,5 mm y una concavidad de 50 mm.

Figura 27.Discos para desherbar.

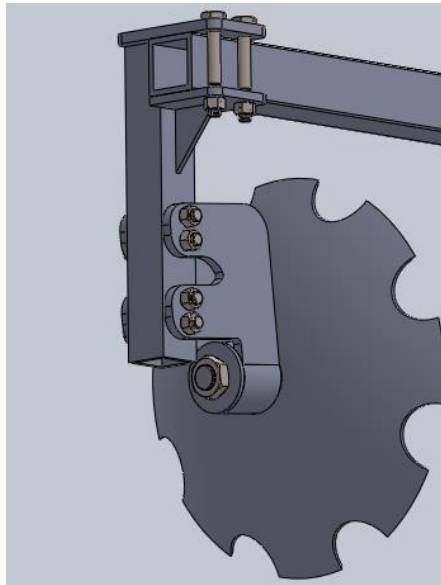


Fuente. Autores

5.2.7. *Brazo de soporte de disco.*

Por medio de este elemento acoplamos al disco con el cuerpo del apero, este elemento nos permite dar la inclinación necesaria para el buen desempeño laboral del disco.

Figura 28. Conjunto brazo soporte del disco y disco de labranza.

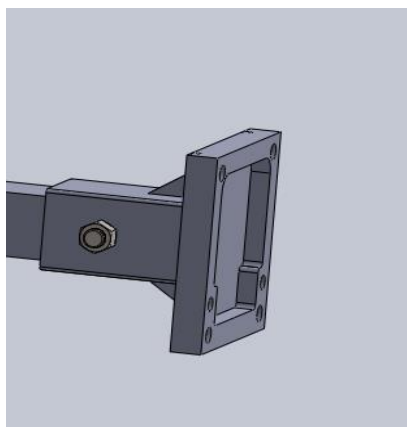


Fuente. Autores

5.2.8. *Acople del motocultor.*

Esta pieza cumple la función de unir el apero con el motocultor, permitiendo el desherbado de los suelos en cultivo.

Figura 29. Acople al motocultor.



Fuente. Autores

5.3. Montaje y pintado final del apero para desherbar.

5.4. Manual de operación.

El manual ayudara al manejo adecuado del apero para deshierbar, ya que el plan de mantenimiento va acorde con la buena manipulación de la máquina. El usuario debe tener conocimiento de las precauciones de seguridad a tomar, antes de utilizar es indispensable tener el conocimiento del manual de operación para su utilización.

Tabla 9. Manual de operación

Paso	Actividad
1	Disponer de la ropa de seguridad adecuada
2	Asegurarse que la separación entre los discos sea el adecuado.
3	Verificar la adecuada regulación del cilindro roscado.
4	Sujetar el acople del apero con el motocultor.
5	Comprobar que todos los elementos del apero se encuentren bien asegurados.
6	Después de culminar la labor de trabajo desconectar el apero del motocultor, retirar los discos de rastra para la limpieza y verificación de desgaste.

5.4.1. Limpieza

Es de vital importancia conservar el equipo limpio y en óptimas condiciones. Se recomienda realizar una limpieza de la máquina luego de cada sección de trabajos, para esto se recomienda utilizar brocha, franela y guayes secos. Además realizar la recolección de todo tipo de desecho generado por la máquina.

5.4.2. Manual de Mantenimiento

Para prolongar la vida útil de los elementos que conforman el apero para deshierbar, es necesario el uso del mantenimiento preventivo y predictivo o en su defecto recurrir al mantenimiento correctivo cuando sea necesario.

5.4.3. *Mantenimiento del sistema Mecánico.*

Observar el correcto estado del mecanismo (discos, bocines, ejes, piñones, rodamientos) realizar una inspección visual que es un indicativo veraz para determinar el estado de los componentes, y de ser necesario engrasarlos, aceitarlos o en el peor de los casos sustituirlos.

5.4.4. *Mantenimiento para los acoples.*

Realizar la inspección visual para detectar si existen fisuras o fracturas en las juntas soldadas de darse alguno de estos casos proceder a limpiarlos, quitar los restos del suelo de trabajo, procediendo con su debido mantenimiento.

5.4.5. *Plan de seguridad*

- Antes de conectar el apero al motocultor, debe verificar que la barra de tiro se encuentre en perfecto estado.
- El apero debe estar desconectado del motocultor antes de realizar cualquier tipo de mantenimiento.
- El encargado del trabajo de labranza debe estar presente antes, durante y después de realizarse cualquier tipo de labor o manipulación del apero.
- Por seguridad al entrar en funcionamiento el apero deben estar dos personas presentes: uno para manipular el motocultor, controlar la velocidad y de darse algún inconveniente apagar el mismo, y la otra persona para que vaya verificando visualmente el correcto desempeño del mecanismo.

5.4.6. *Uso de equipo de protección personal*

Antes de realizar cualquier manipulación o ensayos en el apero de deshierbar, controlar que todas las persona que entren en contacto con la misma, utilicen el equipo de protección personal, para evitar posibles accidentes, el equipo de protección personal a ocuparse es el siguiente: casco, gafas, mascarilla, mandil y guantes.

Figura 30. Equipo de protección personal



Fuente. Autores

CAPÍTULO V

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. Conclusiones.

Se logró comprender el funcionamiento del motocultor, su estructura, forma de operar y elementos que conforman el mismo. Se empleó el manual del motocultor para determinar la sección que se acopla al apero para desherbar.

Para el modelado del apero se utilizó el software SolidWorks, este nos brinda muchas facilidades para el bosquejo, modelado y ensamblado final del apero. Para la simulación se empleó el software Ansys, mediante el conjunto de elementos finitos.

El método de elementos finitos nos permitió determinar las deformaciones y los esfuerzos a los que estaría sometido nuestro apero, además, nos determinó un factor de seguridad que nos da la seguridad que el apero funcionara y resistirá correctamente las labores de trabajo.

En la construcción del apero para desherbar, al momento de determinar el acero que se utilizara en la fabricación se estudiaron las fichas técnicas de varios aceros, escogiendo el acero ASTM – A36 como el más idóneo para nuestro apero.

6.2. Recomendaciones.

Antes de usar el motocultor se debe revisar que todos los elementos del apero se encuentren en buen estado, bien sujeto y que la unión entre el apero y la toma del motocultor no presenten averías o desuniones.

Usar la ropa de trabajo adecuada como son botas, gafas, casco, overol, etc... antes y durante la manipulación del motocultor con el apero.

Antes de realizar cualquier tipo de actividad se debe tener en cuenta la distancia de terreno a trabajar y según la misma regular la distancia entre discos del apero de esta forma evitar posibles daños a los cultivos presentes.

Tener el mayor cuidado al momento de manipular el motocultor, en especial tener una mayor precaución con los pies los cuales son propensos a sufrir daños con el apero.

Al momento de realizar un trabajo tener presente el tipo de suelo que se va a deshierbar, por lo cual la velocidad del motocultor es acorde al tipo del suelo, es decir, a suelo más pesado menor velocidad del motocultor.

BIBLIOGRAFÍA

ANALUIZA, Byron; & BENAVIDEZ, Carlos. Construcción y selección del material de aspas para motocultor YTO DF 15L mediante proceso de forja para reducir la tasa de desgaste respecto a las aspas de acero tradicional para uso agrícola. [En línea] 6 de Junio de 2016. [Consultado el: 29 de Julio de 2017.] [/dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/6207/1/65T00218.pdf](https://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/6207/1/65T00218.pdf).

CAÑAVATE, Jaime ORTIZ. Las máquinas agrícolas y su aplicación. Madrid : Ediciones Mundi - Prensa, 2012. págs. 27 - 69.

ECURED. Motocultor. [En línea] 2015. [Consultado el: 29 de Julio de 2017.] <https://www.ecured.cu/Motocultor>.

Esteban, Angel. Discos para gradas agrícolas: tipos y características. [En línea] 28 de Abril de 2014. [Consultado el: 29 de Julio de 2017.] <https://www.reparatucultivador.com/discos-para-gradas-agricolas/>.

GUTIERREZ. Rastras de discos. Características y sus utilidades. [En línea] 28 de Abril de 2014. [Consultado el: 29 de Julio de 2017.] <https://www.reparatucultivador.com/rastras-de-discos/>.

GROULT, JEAN-Michel ¿Por qué desherbar ? [En línea] 2015. [Consultado el: 29 de Julio de 2017.] <https://www.planfor.es/jardin-consejos/desherbaje-porque-desherber.html>.

ISSL. Motocultor. [En línea] 2009. [Consultado el: 29 de Julio de 2017.] [http://www.carm.es/web/servlet/integra.servlets.Blob?ARCHIVO=FD-1-2009.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=34736&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDTIPO=60&RASTRO=c740\\$m7064..](http://www.carm.es/web/servlet/integra.servlets.Blob?ARCHIVO=FD-1-2009.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=34736&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDTIPO=60&RASTRO=c740$m7064..)

JESUS, Maria de. Cultivador. [En línea] 18 de Enero de 2015. [Consultado el: 29 de Julio de 2017.] <https://issuu.com/mariadejesus65/docs/cultivador.docx>.

MAPAMA. Motocultores. [En línea] 18 de Mayo de 2015. [Consultado el: 29 de Julio de 2017.] http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/Motocultores_tcm7-339804.pdf.

MID. Tribología. [En línea] 11 de Octubre de 2014. [Citado el: 29 de Julio de 2017.]
http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-10-11_10-37-06111594.pdf.

RODRÍGUEZ, Felipe DÍAZ DEL CASTILLO. Tribología: fricción, desgaste y lubricación . [En línea] 20 de Noviembre de 2014. [Consultado el: 29 de Julio de 2017.]
<http://profefelipe.mex.tl/imagesnew/4/6/9/5/1/TRIBOLOGIA.pdf>.